

TUGAS AKHIR
[OE. 1701]

ANALISA GELOMBANG RUNUP PADA REVETMENT DI SANGSIT, BALI

PERPUSTAKAAN I T S	
Tgl. Terima	3 - 7 . 2000
Terima dari	H
No. agenda Prp.	21 - 618



RSke
551.470 2
Wid
2-1
1999

Oleh :

Sukma Widyawan
4391.100.019

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 1999



ANALISA GELOMBANG RUNUP PADA REVETMENT DI SANGSIT, BALI

TUGAS AKHIR

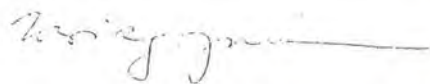
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Untuk Menyelesaikan Studi Program Sarjana
pada
Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, Februari 1999
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. W.A. Pratikto, MSc.

NIP : 130 816 210



Ir. Suntoyo

NIP : 132 133 977

Abstraksi

Hantaman gelombang pada pantai akan mengakibatkan adanya erosi dan akresi, sehingga diperlukan bangunan pelindung pantai untuk menjaga garis pantai. Pada bangunan pelindung pantai, gelombang yang membentur slope tersebut akan merambat menaiki permukaan bangunan tersebut yang biasa disebut dengan gelombang runup.

Revetment adalah struktur yang mempertimbangkan ketinggian runup ini dalam perancangannya. Biasanya perancangan dari struktur tersebut dilakukan dengan test model atau dengan formula empiris, sedangkan analisa yang akan dilakukan simulasi numerik dengan menggunakan persamaan diferensial untuk memperhitungkan wave runup pada kemiringan revetment tersebut dimulai dari kaki struktur.

Kemudian hasil yang diperoleh dibandingkan dengan acuan data yang didapat yaitu pada pantai Sangsit, Bali dan dianalisa perilaku runup dari hasil yang didapatkan tersebut. Perhitungan Runup dengan Koefisien gesek yang konstan ternyata memberikan hasil yang cukup baik digunakan untuk pendekatan struktur permeable, walaupun dalam perhitungan struktur diasumsikan impermeable, hanya diperlukan penetapan harga koefisien yang lebih tepat. Selain itu didapatkan bahwa besarnya ketinggian runup dipengaruhi oleh kemiringan struktur dimana semakin tajam kemiringan struktur maka besarnya runup akan semakin berkurang dimana pada kemiringan $33,69^\circ$ runup berkisar antara 1,15 m dan 1,5 m sedangkan pada sudut $11,31^\circ$ runup berkisar 1,225 m dan 2,05 m.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Segala puji hanya kepada Allah SWT., Tuhan semesta alam. Kalimat itulah yang pantas penulis ucapkan atas proses kerja yang cukup panjang, hanya karena Dialah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul ***Analisa Gelombang Runup pada Revetment di Sangsit, Bali***.

Laporan Tugas Akhir ini ditulis untuk melengkapi Mata Kuliah Tugas Akhir (OE1701), dikerjakan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi kesarjanaan strata S-1 di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Dan Penulis menyadari tanpa bantuan, bimbingan dan dukungan dari semua pihak penulis tak akan bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang membantu , baik selama mengerjakan Tugas Akhir ini maupun selama menempuh studi di Teknik Kelautan, diantaranya untuk :

1. Keluargaku semua terutama Ibu, adikku, juga Nenek, Paklik Man, Bulik Mari, Bulik Titin dan Bulik Henti.
2. Bapak Ir. W.A. Pratikto, Msc., PhD. selaku dosen pembimbing pertama.
3. Bapak Ir. Suntoyo selaku dosen pembimbing kedua dan yang memberikan tema untuk tugas akhir ini.
4. Bapak Ir Made Wirawan sebagai salah satu staff Dinas Pekerjaan Umum Daerah Bali, yang telah membantu penulis dalam pencarian data untuk keperluan tugas akhir.

5. Bapak Dr. Ir. E.B. Djatmiko dan Bapak Dr. Ir Paulus Indiyono selaku ketua dan sekertaris Jurusan Teknik Kelautan.
6. Bapak Ir. Handayanu, Msc., sebagai dosen wali yang dengan sabar dan pengertian membimbing penulis dan Bapak Dr. Ir. Wahyudi, Msc., dan Ir. Bapak Ir. Hasan Ikhwani, Msc. sebagai dosen wali pula yang memberikan arahan akan perjalanan penulis di ITS.
7. Segenap Dosen pengajar dan karyawan Fakultas Teknologi kelautan, khususnya Jurusan Teknik Kelautan.
8. Teman seperjalanan ke Bali, dalam memperoleh data Tugas Akhir, Arief Budijanto dan Benny Chandra.
9. Teman - teman selama Lantai IV, Anas, Arinta, Aris Kepes, Hery pakde, Edi, Gimbun, Ayik, Iwan, Roni, Dargombes, Vera, Bagus, Adi, Kancut dan Johakiem, Hasby, Duwik, Daryono, Paulus, Anggun pada generasi saat - saat terakhir penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
10. Teman - teman satu angkatan Hery artis, Daya, Wisnu jemblung, Baron, Gatot danlainya atas persahabatannya.
11. Teman - teman baikku Ayik, Iwan, Roni, Fajar, Zainul, Dul, Anton dan Deny yang selalu memberi dorongan.
12. Dan Kepada semua pihak dengan tanpa mengurangi rasa hormat yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Surabaya, Februari, 1999

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Abstrak	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Notasi	vi
BAB I. PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Perumusan Masalah	I-4
1.3 Tujuan dan Manfaat	I-5
1.4 Batasan Masalah	I-5
1.5 Metodologi dan Sistematika penulisan	I-6
BAB II. DASAR TEORI	II-1
2.1 Gelombang Runup	II-1
2.2 Teori Gelombang	II-2
2.2.1 Integral Eliptik	II-7
2.2.2 Fungsi eliptik Jacobi	II-8
2.3 Gesekan	II-10
2.4 Refleksi Gelombang	II-12
2.5 Persamaan Deferensial	II-13
BAB III. SISTEMATIKA PEMROGRAMAN	III-1
3.1 Prosedur Perhitungan	III-1
3.2 Skema Numerik	III-3
3.3 Normalisasi Gelombang Cnoidal	III-12
3.4 Kondisi Awal dan Open Boundary	III-13
3.5 Stabilitas	III-16

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV-1

4.1 Hasil

IV-1

4.2 Pembahasan

IV-19

BAB V. PENUTUP

V-1

5.1 Kesimpulan

V-1

5.2 Saran

V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN :

Lampiran A. Listing Program

Lampiran B. Tabel Hasil Running Program

DAFTAR NOTASI

c	= cepat rambat gelombang
cn	= fungsi cnoidal
d	= kedalaman perairan
$E(k)$	= integral eliptik kedua
fw	= koefisien gesekan
g	= gaya grafitasi
H	= tinggi gelombang
H_i	= tinggi gelombang datang
H_r	= tinggi gelombang refleksi
ht	= kedalaman pada kaki struktur dari muka air tenang
Ir	= angka Irribaren
k	= modulus
$K(k)$	= integral eliptik pertama
Kr	= koefisien Refleksi
L	= panjang gelombang
Lo	= panjang gelombang di laut dalam
n	= koefisien kekasaran
p	= tekanan
R	= runup
T	= periode gelombang
u	= kecepatan fluida arah x
Ur	= urshell parameter
w	= kecepatan fluida arah z
y_t	= kedalaman pada lembah gelombang
η	= elevasi gelombang
η_i	= elevasi gelombang datang
η_{min}	= elevasi gelombang minimum pada lembah

- η_r = elevasi gelombang refleksi
- τ_b = tegangan gesek pada dasar laut
- ρ = densitas air
- ζ = surf similarity parameter

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Pantai adalah pertemuan antara daratan dan laut, dimana pasang surut, angin dan gelombang menghantam daratan. Oleh karena itu pantai juga terkena gaya-gaya dari laut secara langsung terutama pada daerah near zone. Pada daerah ini akan menerima hampasan energi dari laut, baik berupa gelombang, arus maupun angin. Karena itu daerah tersebut adalah daerah yang paling dinamis pada pantai. Dikatakan daerah yang dinamis karena seringkali terjadi perubahan garis pantai karena adanya sedimentasi dan erosi. Pada kondisi tertentu adanya erosi ini akan merupakan gangguan bagi kelangsungan hidup manusia di sekitar pantai. Oleh karena itu perlu dilakukan pencegahan- pencegahan seperlunya.

Ketika gelombang bergerak menuju pantai akan dipengaruhi oleh kemiringan dasar laut. Jika gelombang memasuki kedalaman sekitar 1,3 tinggi gelombang, maka gelombang akan rusak atau pecah dan berjalan sebagai busa kemudian naik pada kemiringan pantai. Gelombang yang pecah ini menyebabkan berkurangnya energi gelombang dan terjadinya



turbulensi aliran yang akan mengangkat material pantai, sehingga terjadi transpor sedimen.

Transpor sedimen pantai ini menyebabkan erosi dan akresi, dimana mempunyai pengaruh yang merugikan bagi kepentingan manusia. Untuk melindungi pantai dari adanya erosi akibat hantaman gelombang maka diperlukan pelindung pantai.

Pada perlindungan pantai terdapat beberapa metoda yang dapat digunakan untuk mengendalikan garis pantai antara lain dengan penanaman tumbuhan pelindung pantai dan bangunan pelindung pantai.

Pada umumnya langkah-langkah yang direncanakan untuk memberikan stabilitas pantai dibedakan ke dalam dua kelas (SPM., Vol. 1., CERC, 1984). Yang pertama adalah struktur yang dipergunakan untuk menjaga agar gelombang dengan ketinggian gelombang yang besar tidak menjangkau kawasan pantai, dermaga ataupun pelabuhan. Di sini dapat diambil contoh yaitu, breakwater, seawall, bulkheads, serta revetment. Yang kedua struktur buatan yang digunakan untuk mengurangi laju transpor sedimen sepanjang pantai, baik yang sejajar dengan garis pantai maupun pada arah yang tegak lurus garis pantai. Contoh dari struktur bangunan ini misalnya groin dan jetties.

Sedangkan secara fisik dan penempatan struktur dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok (Sorensen, 1978). Pertama, struktur yang dibangun tegak lurus terhadap garis pantai dan biasanya berhubungan secara fisik terhadap garis. Yang termasuk kelompok ini antara lain groin untuk menjaga stabilitas pantai, jetties pada pelabuhan dan beberapa tipe breakwater. Yang kedua adalah struktur yang dibangun di lepas pantai dan sejajar terhadap garis pantai. Yang termasuk kelompok ini terutama adalah breakwater untuk perlindungan pantai. Kelompok ketiga adalah struktur yang dibangun pada permukaan garis pantai dan sejajar terhadap garis pantai. Contoh struktur yang termasuk kelompok ini antara lain seawall dan revetment.

Pada bangunan pelindung pantai momentum energi gelombang akan membentur slope sehingga sebagian momentum gelombang tersebut akan meluncur ke atas permukaan lereng pantai atau bangunan yang disebut wave runup (ketinggian vertikal di atas still water level).

Dalam perancangan pelindung pantai, elevasi (tinggi) bangunan yang direncanakan harus memperhatikan runup yaitu naiknya gelombang pada kemiringan dari struktur yang merupakan persyaratan ketinggian struktur, jika gelombang tidak diijinkan untuk melewati struktur. Hal tersebut diperlukan agar

bangunan pelindung pantai dapat berfungsi secara efektif dan efisien untuk melindungi pantai dan pelabuhan dari hantaman gelombang. Dalam hal ini struktur yang paling mempertimbangkan terjadinya runup ini adalah revetment.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Revetment dan Breakwater mempunyai peranan yang sangat penting dalam perancangan perlindungan pantai maupun pelabuhan. Stabilitas dari revetment dan breakwater dari hantaman gelombang adalah aspek penting dalam perancangannya. Faktor penting lainnya dalam perancangan struktur pelindung pantai adalah terjadinya gelombang runup, overtopping dan refleksi gelombang. Tinggi gelombang runup dan overtopping memberikan tinggi struktur dalam perancangannya, dan berhubungan langsung terhadap aspek biaya.

Kriteria perhitungan runup yang dipergunakan sekarang adalah berdasarkan test model hidraulik dan formulasi empiris. Karena itu dalam tugas akhir ini akan dilakukan perhitungan gelombang runup dengan menggunakan model matematis untuk suatu gelombang datang tertentu. Metode simulasi komputer yang dibuat kemudian akan dibandingkan dengan runup pada revetment pantai sangsit, Bali.

1.3. TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dari analisa yang dilakukan adalah untuk membuat teknik simulasi berupa program komputer untuk memperhitungkan gelombang runup, menggunakan model matematis termasuk pergerakan dari gelombang dan efek dari gelombang yang dipantulkan pada bangunan pelindung pantai yang telah ditentukan.

Dari hasil analisa gelombang yang terjadi pada bangunan pelindung pantai beserta beberapa faktor yang berpengaruh yang meliputi refleksi gelombang dan gesekan fluida dengan dasar, maka akan didapatkan suatu pendekatan runup yang tepat. Manfaat dari hasil perhitungan runup ini selanjutnya dapat dipergunakan sebagai acuan perancangan bangunan pelindung pantai seperti revetment ataupun breakwater.

1.4. BATASAN MASALAH

Guna mempermudah pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir ini, tanpa mengurangi bobotnya maka ditetapkan pembatasan masalah dan asumsi - asumsi sebagai berikut:

- Perhitungan Runup yang dilakukan dipilih pada revetment, karena bila gelombang melimpas melewati bangunan maka bagian atas revetment akan dapat tergerus gelombang dan revetment tidak dapat melindungi pantai dengan baik,



sehingga runup adalah merupakan salah satu parameter utama pada perancangan revetment.

- Struktur revetment dianggap sebagai struktur yang tidak lolos air atau impermeabel.
- Perhitungan dilakukan adalah dalam satu dimensi yaitu arah yang tegak lurus dengan struktur.
- Arah gelombang diasumsikan datang tegak lurus dengan struktur revetment, dimaksudkan untuk mempermudah perhitungan.

1.5. METODOLOGI DAN SISTEMATIKA PENULISAN

Tugas Akhir ini merupakan analisa yang digunakan untuk menghitung runup gelombang yang terjadi dengan membuat perangkat lunak komputer yang dapat digunakan untuk perhitungan runup pada jenis revetment tertentu.

Langkah langkah penyelesaian masalah dimulai dengan mengumpulkan data-data yang dapat dipergunakan sebagai pembanding dari hasil perhitungan komputer yang telah didapatkan. Penyusunan program komputer dilakukan sebagai sarana perhitungan utama dalam Tugas Akhir ini. Dengan data yang telah diperoleh sebelumnya, perhitungan dilakukan dengan bantuan program komputer. Hasil perhitungan program komputer dibandingkan dengan data pembanding. Data-data yang

diperlukan adalah mengenai gelombang yang terjadi dan data-data struktur, yang diperoleh dari pantai Sangsit di Bali.

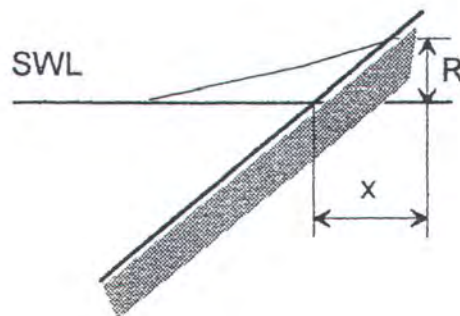
Selanjutnya untuk melengkapi keseluruhan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini disusun dalam sebuah laporan Tugas Akhir. Laporan penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam suatu sistematika penulisan sebagai berikut, Bab I sebagai pendahuluan menguraikan mengenai dasar pemikiran dan latar belakang yang melandasi penelitian ini. Selanjutnya dijelaskan pula tujuan akhir yang ingin dicapai dan manfaat yang diharapkan dapat diperoleh. Batasan permasalahan dilakukan agar pembahasan tidak terlalu melebar. Dan sebagai penutup pada Bab I diuraikan mengenai metodologi dan sistematika penulisan. Bab II merupakan dasar teori yang menjelaskan mengenai formulasi dan persamaan - persamaan yang digunakan dalam perhitungan. Termasuk didalamnya adalah teori gelombang yang digunakan dan faktor - faktor yang mempengaruhi besarnya gelombang runup yang terjadi. Bab III berisi langkah-langkah secara teoritis yang digunakan dalam penyelesaian masalah secara matematis pada penghitungan runup dan kemudian dilakukan perbandingan antara perhitungan dengan data yang diperoleh. Kemudian Bab IV berisikan analisa hasil yang didapatkan dan data perbandingan. Bab V berisi kesimpulan dari hasil yang diperoleh dan saran untuk penyempurnaan analisa yang telah dilakukan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. GELOMBANG RUNUP

Apabila gelombang bergerak ke arah pantai dengan kemiringan tertentu dan kemudian membentur kemiringan tersebut, gelombang akan pecah dan dipantulkan di daerah tersebut. Sebagian momentum gelombang akan meluncur ke atas lereng, yang disebut wave runup, seperti pada gambar 2.1.



gambar 2.1

Besarnya runup merupakan hasil perkalian antara jarak horisontal dari SWL dengan kemiringan dasar, $R = x \tan \theta$. Persamaan empiris yang dapat digunakan untuk menghitung runup untuk permukaan halus dan kedap air adalah sebagai berikut (Yuwono, 1990):

$$\frac{Ru}{Hi} = Ir \quad \text{untuk } Ir < 2,5$$

$$\frac{Ru}{Hi} = -0,3 Ir + 3,275 \quad \text{untuk } 2,5 < Ir < 4,25$$

$$\frac{Ru}{Hi} = 2 \quad \text{untuk } Ir > 4,25$$

dimana , $Ru = R_{runup}$

Hi = Tinggi gelombang datang

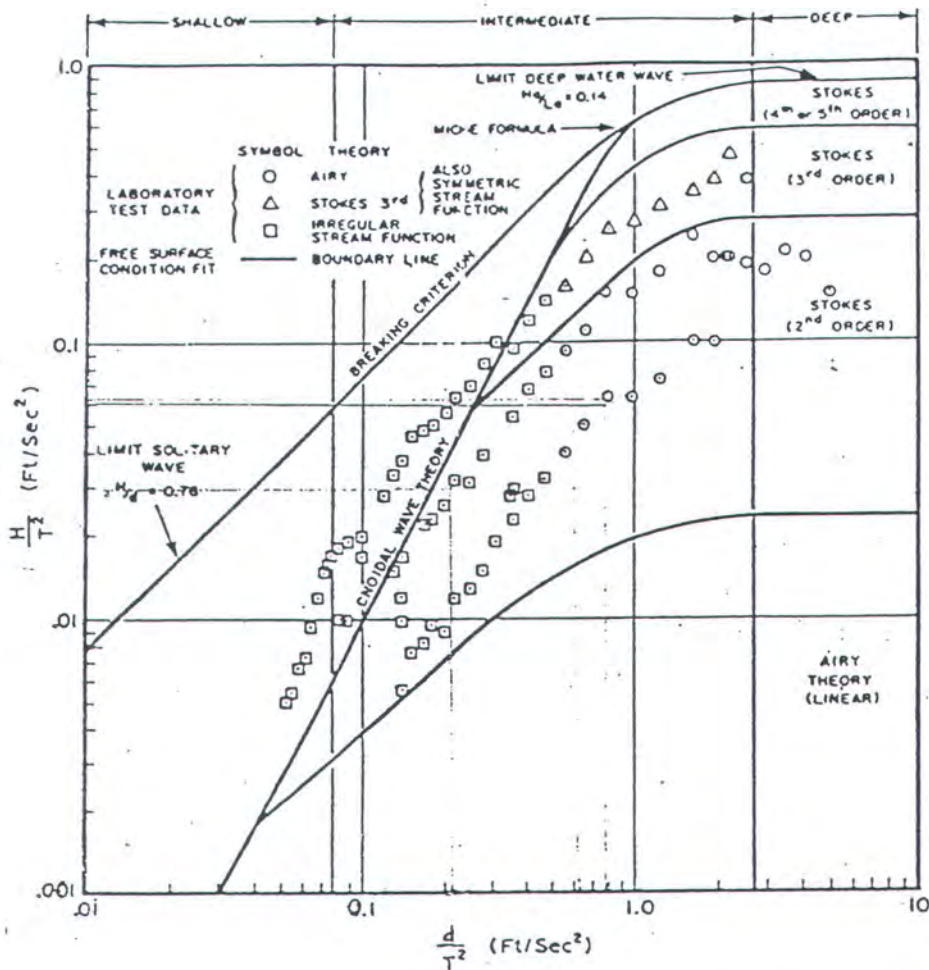
Ir = Angka Irribaren.

Dalam beberapa literatur lain Angka Irribaren ini disebut juga, surf similarity parameter (ζ), dimana $\zeta = \tan \theta / \sqrt{H/L_o}$ dan $\tan \theta$ adalah sudut kemiringan kontur pantai. Untuk permukaan yang kasar dan lolos air nilai tersebut diatas masih harus dikoreksi dengan faktor 0,5 sampai dengan 0,8.

2.2. TEORI GELOMBANG

Teori gelombang yang digunakan dalam perhitungan runup disini sangat diperlukan terutama untuk mengetahui elevasi gelombang sebagai harga awal sebelum memasuki daerah perhitungan runup yaitu pada kaki struktur.

Beberapa teori gelombang yang ada dapat diterapkan pada keadaan tertentu yang berbeda sesuai dengan kedalaman, tinggi gelombang, dan periode sebagai parameternya. Validitas teori



Gambar 2.2. Region of validity

gelombang ini telah dibuat dalam bentuk grafik region of validity (Chakrabarti, 1987) dapat dilihat pada gambar 2.2. Dalam hal ini untuk gelombang panjang di perairan dangkal dengan periode 8 detik, tinggi gelombang 0,6 meter dan kedalaman 1,5 meter di daerah Sangsit, Bali, dapat dijelaskan dengan baik dengan teori gelombang cnoidal.

Penjelasan yang tepat dari gelombang pada daerah dekat pantai adalah bagian penting dari perancangan dan proses

analisa. Penyelesaian untuk sifat-sifat gelombang pada teori gelombang ini adalah diberikan oleh fungsi jacobian elliptik Cn , yang memberikan penjelasan tentang nama dari teori ini.

Dalam teori gelombang cnoidal ini biasanya gelombang memiliki puncak yang tajam dan dipisahkan oleh lembah yang lebar. Validitas dari teori ini adalah $d/L < 1/8$ dan urshell parameter, $U_R > 26$. Dua batas dari teori gelombang ini adalah teori gelombang Solitary dimana harga k mendekati 1 dan $K(k)$ mendekati tak hingga dan teori gelombang Airy dimana harga k mendekati 0 dan $E(k)/K(k)$ mendekati 1, dimana k adalah modulus, $K(k)$ dan $E(k)$ adalah integral eliptik lengkap pertama dan kedua (Chakrabarti, 1987).

$$K(k) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{(1 - k^2 \sin^2 \phi)} d\phi \quad (2.4)$$

$$E(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\phi}{\sqrt{(1 - k^2 \sin^2 \phi)}} \quad (2.5)$$

Panjang gelombang dapat dihitung dari:

$$\frac{L}{d} = \frac{4}{\sqrt{3}} K(k) \left(2\overline{L} + 1 - \frac{y_t}{d} \right)^{-1/2} \quad (2.6)$$



dimana y_t adalah jarak vertikal dari dasar laut sampai lembah gelombang dan d adalah kedalaman perairan dari sea water level.

Harga dari \overline{L} dan k didapatkan dari persamaan dibawah:

$$k^2 = \frac{H/d}{2\overline{L} + 1 - (y_t/d)} \quad (2.7)$$

$$\left(2\overline{L} + 1 - \frac{y_t}{d}\right)E(k) = \left(2\overline{L} + 2 - \frac{H}{d}\right)K(k) \quad (2.8)$$

perlu dicatat bahwa pada kebanyakan buku matematika tabulasi dari K dan E dalam parameter m , dimana $m = k^2$. Selain dari kedua persamaan diatas persaratan dibawah ini harus dipenuhi:

$$2\overline{L} + 1 > \frac{H - y_t}{d} > \frac{y_t}{d} \text{ dan } 0 < k^2 \leq 1$$

Kombinasi dari persamaan 2.6 dan 2.7 didapatkan Ursell parameter, Ur dan kemudian diperoleh panjang gelombang sebagai berikut:

$$Ur = \frac{16}{3} [k K(k)]^2 = \frac{16}{3} m K^2(m) \quad (2.9)$$

$$L = \left(\frac{16d}{3H}\right)^{1/2} k K(k) \quad (2.10)$$

dan kecepatan serta periode gelombang adalah gelombang adalah (Chakrabarti, 1987):

$$c = (gd)^{1/2} \left[1 + \frac{H}{d} \frac{1}{m} \left(\frac{1}{2} - \frac{E(k)}{K(k)} \right) \right] \quad (2.11)$$

$$T = L/c \quad (2.12)$$

Karena semua fungsi mengandung modulus k maka yang pertamakali dicari adalah harga k dengan cara iterasi. Dengan memberikan harga awal untuk k kemudian dapat dihitung panjang gelombang dengan menggunakan gabungan antara persamaan 2.11 dan 2.12. Kemudian dengan menggunakan persamaan 2.9 didapatkan harga k , apabila k awal dan yang dihasilkan mendekati sama maka harga tersebut dapat digunakan untuk menghitung semua fungsi. elevasi gelombang dari sea water level adalah (Roy, 1986):

$$\eta = \eta_{\min} + H cn^2 \left[2K(k) \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right), k \right] \quad (2.13)$$

$$\frac{\eta'_{\min}}{H'} = - \left[1 + \frac{1}{m} \left(\frac{E}{K} - 1 \right) \right] \quad (2.14)$$

dimana cn adalah fungsi eliptik jacobi. Periode dari cn^2 adalah $2K(k)$. Sedangkan untuk menyelesaikan integral eliptik lengkap pertama dan kedua, juga fungsi jacobi eliptik dapat digunakan

metode perhitungan dari Abramowitz dan Stegun (1970) yang secara lengkap dapat dilihat dalam sub bab dibawah.

2.2.1. INTEGRAL ELIPTIK

Jika $R(x,y)$ adalah fungsi rasional dari x dan y , dimana y^2 adalah sama dengan polinomial pangkat tiga atau empat dalam x , integral $\int R(x,y) dx$ disebut integral eliptik. Integral eliptik pertama adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F(\rho|a) &= F(\rho|m) = \int_0^{\rho} (1 - \sin^2 a \sin^2 \theta)^{-1/2} d\theta \\ &= \int_0^x [(1 - t^2)(1 - mt^2)]^{-1/2} dt \\ &= \int_0^u dw = u \end{aligned} \quad (2.15)$$

sedangkan integral eliptik kedua adalah:

$$\begin{aligned} E(\rho|a) &= E(u|m) = \int_0^x (1 - t^2)^{-1/2} (1 - mt^2)^{1/2} dt \\ &= \int_0^{\rho} (1 - \sin^2 a \sin^2 \theta)^{1/2} d\theta \\ &= \int_0^u dn^2 w dw \\ &= m_1 u + m \int_0^u cn^2 w dw \end{aligned} \quad (2.16)$$

Untuk perhitungan integral eliptik lengkap $K(\alpha)$, $E(\alpha)$ dimulai dengan tiga angka yang diberikan (a_0, b_0, c_0) untuk mendapatkan tiga angka selanjutnya (a_1, b_1, c_1) , $(a_2, b_2, c_2), \dots, (a_N, b_N, c_N)$ sesuai skema aritmatik dan geometri sebagai berikut:

$$a_0 = 1, b_0 = \cos \alpha, c_0 = \sin \alpha \quad (2.17)$$

dimana $m = \sin \alpha$, dan

$$a_N = 1/2(a_{N-1} + b_{N-1}), b_N = (a_{N-1} b_{N-1})^{1/2}, c_N = 1/2(a_{N-1} - b_{N-1}) \quad (2.18)$$

perhitungan berhenti sampai langkah ke N jika $a_N = b_N$, atau jika $c_N = 0$ terhadap derajat akurasi yang dibutuhkan. Setelah itu didapat $K(\alpha)$ dan $E(\alpha)$ dari persamaan berikut:

$$K(a) = \frac{\pi}{2a_N} \quad (2.19)$$

$$\frac{K(a) - E(a)}{K(a)} = 1/2 [c_0^2 + 2c_1^2 + 4c_2^2 + \dots + 2^N c_N^2] \quad (2.20)$$

2.2.2. FUNGSI ELIPTIK JACOBI

Fungsi meromorpik yang mempunyai periode ganda disebut fungsi eliptik. Fungsi eliptik Jacobi dapat didefinisikan sebagai integral tertentu :

$$u = \int_0^{\rho} \frac{d\theta}{(1 - m \sin^2 \theta)^{1/2}} \quad (2.21)$$

dimana sudut ρ disebut amplitudo, $\rho = \text{am } u$, dan juga didefinisikan $\text{sn } u = \sin \rho$, $\text{cn } u = \cos \rho$, $\text{dn } u = (1 - m \sin^2 \rho)^{1/2} = \Delta(\rho)$. Untuk menghitung $\text{sn}(u|m)$, $\text{cn}(u|m)$, dan $\text{dn}(u|m)$ dapat dilakukan seperti pada 2.21 dimulai dengan:

$$a_0 = 1, b_0 = \sqrt{m}, c_0 = \sqrt{m_1} \quad (2.22)$$

dan berhenti pada langkah ke N , jika c_N dapat diabaikan sesuai dengan ketelitian yang diinginkan. Kemudian dicari harga ρ_N dimana dalam derajat adalah:

$$\rho_N = 2^N a_N u \frac{180}{\pi} \quad (2.23)$$

dengan menghitung $\rho_{N-1}, \rho_{N-2}, \dots, \rho_1, \rho_0$ dari hubungan rekurensi:

$$\sin(\rho_{N-1} - \rho_N) = \frac{cn}{dn} \sin \rho_1 \quad (2.24)$$

$$\rho_{N-1} = \sin^{-1} \left(\frac{cn}{dn} \sin \rho_N \right) + \rho_N \quad (2.25)$$

kemudian dari sini semua fungsi dapat dijelaskan:

$$sn(u|m) = \sin \rho_0, \quad cn(u|m) = \cos \rho_0,$$

$$\text{dan } dn(u|m) = \frac{\cos \rho_0}{\cos(\rho_1 - \rho_0)}. \quad (2.26)$$

2.3. GESEKAN

Dalam perhitungan runup tegangan gesek yang terjadi pada permukaan dasar laut dekat garis pantai merupakan faktor yang penting karena mempengaruhi pergerakan dari garis pantai.

Tabel 2.1 Harga koefisien kekasaran Manning, n
(Fox dan McDonald, 1987)

Type of Channell Surface	Representative n-value
Lucite, glass, or plastic film	0.01
Wood or finished Concrete	0.013
Unfinished concrete, well-laid brickwork, concrete or cast-iron pipe	0.015
Riveted or spiral steel pipe	0.017
Smooth, uniform earth channell	0.022
Corrugated metal flumes, typical canals, rivers free from large stones and heavy weeds	0.025
Cannals and rivers with many stones and weeds	0.035

Untuk perhitungan numerik, Roy menganjurkan untuk menggunakan koefisien gesek yang tetap yaitu 0,3 dimana memberikan hasil yang cukup baik. Dengan koefisien gesek yang mempunyai harga tetap berarti tidak dipengaruhi oleh perubahan kedalaman seperti dalam formula Manning. Dalam Tugas Akhir ini kedua metode penggunaan koefisien gesek dipakai, untuk melihat seberapa jauh pengaruh koefisien gesek terhadap hasil.

Untuk menaksir tegangan gesek pada kemiringan yang kasar, dimana koefisien gesekan tersebut tergantung pada koefisien kekasarannya yang diberikan pada tabel 2.1. Tegangan gesek dengan formula Manning dapat dituliskan sebagai (Fox dan McDonald, 1987):

$$f_w = \frac{gn^2}{(h + \eta)^{1/3}}$$

$$\tau_b = \rho f_w |u| u \quad (2.27)$$

dan tegangan gesek pada dasar menurut Roy(1986) adalah:

$$\tau_b = \frac{1}{2} \rho f_w |u| u \quad (2.28)$$

dimana: τ_b = tegangan gesek

f_w = koefisien gesek

n = koefisien kekasaran permukaan

$d = h + \eta$ = kedalaman perairan.



2.4. REFLEKSI GELOMBANG

Jika gelombang yang datang bertemu dengan dinding, maka sebagian dari energi gelombang akan dipantulkan. Apabila kemiringan dinding berkurang atau kekasaran gelombang atau permeabilitas semakin besar, maka ketinggian dari gelombang yang dipantulkan semakin kecil. Juga untuk suatu dinding tertentu pantulan akan berkurang dengan bertambahnya kecuraman gelombang. Jika dinding vertikal, frictionless, dan tidak elastis, gelombang akan dipantulkan menghasilkan standing wave dengan ketinggian dua kali lipat gelombang datang. Elevasi permukaan gelombang yang dihasilkan adalah jumlah dari gelombang datang dan refleksi (Roy, 1986).

$$\eta = \eta_i + \eta_r \quad (2.29)$$

$$u = u_i + u_r$$

Dan Koefisien refleksi adalah (Silvester, 1979):

$$K_r = H_i / H_r \quad (2.30)$$

kemudian didapat tinggi gelombang pada kaki struktur dengan memasukkan elevasi gelombang yang terdiri dari gelombang datang dan gelombang refleksi.

2.5. PERSAMAAN DIFERENSIAL

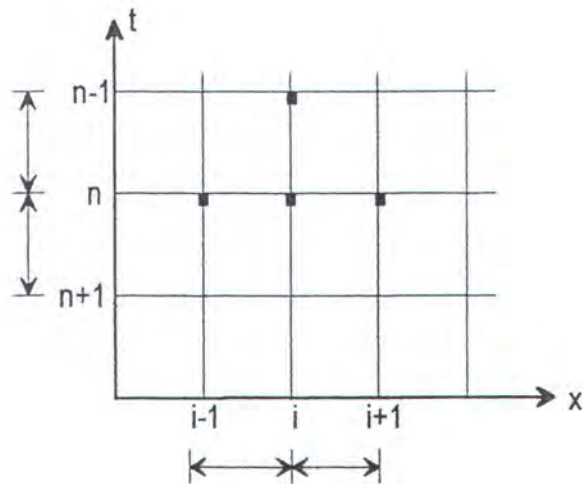
Untuk tahap awal dalam pengembangan simulasi numerik untuk gelombang runup, digunakan finite difference method berdasarkan deret Taylor, dimana sudah menjadi metode numerik yang standar dan mendasar. Sampai sekarang banyak skema numerik mengenai FDM telah digunakan, tetapi beberapa pertimbangan menyangkut skema, ukuran grid, kondisi stabilitas, dan diskretisasi kesalahan harus diperhatikan.

Perkiraan penyelesaian diferensial dalam perhitungan disini digunakan perkiraan diferensial terpusat dimana persamaan mengandung variabel x dan t , perkiraan beda hingga dilakukan dengan membuat jaringan titik hitungan pada bidang $x-t$ dan dibagi dalam sejumlah pias dengan interval ruang dan waktu adalah Δx dan Δt . Bentuk turunan pertama dan kedua terhadap ruang adalah:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\varphi(i+1, n) - \varphi(i-1, n)}{\Delta x} \quad (2.31)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial^2 x} = \frac{\varphi(i-1, n) - 2\varphi(i, n) + \varphi(i+1, n)}{\Delta x^2} \quad (2.32)$$





Gambar 2.2 Jaringan titik hitungan pada bidang x - t

Persamaan diferensial perhitungan perambatan gelombang dikembangkan dari persamaan dasar kontinuitas dan konservasi momentum untuk fluida incompressible dalam dua dimensi yang digunakan adalah Roy(1986):

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} -$$

Persamaan diatas dapat digabungkan menjadi satu persamaan konservasi menggunakan metode eksplisit Lax-Wendroff (Smith, 1985) menjadi:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} = 0 \quad (2.33)$$

Metode Lax-Wendrof sebagaimana ditulis dibawah adalah untuk single dependent variabel, dapat digunakan untuk memperkirakan persamaan 2.33 dengan persamaan diferensial dengan dua derajat ketelitian.

$$\frac{\partial U}{\partial t} + a \frac{\partial U}{\partial x} = 0$$

dimana a adalah konstanta. Dengan menggunakan ekspansi Taylor,

$$U(x, t + \Delta t) = U(x, t) + \Delta t \frac{\partial U(x, t)}{\partial t} + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{\partial^2 U(x, t)}{\partial t^2} + \dots$$

Persamaan diferensial diatas dapat dihilangkan derivatif waktu (t)-nya

$$\frac{\partial}{\partial t} \equiv -a \frac{\partial}{\partial x}$$

sehingga

$$U(x, t + \Delta t) = U(x, t) + \Delta t a \frac{\partial U(x, t)}{\partial x} + \frac{\Delta t^2}{2} a^2 \left(\frac{\partial^2 U(x, t)}{\partial x^2} \right) + \dots$$

Kemudian dengan mengganti derivatif x dengan perkiraan diferensial terpusat didapat persamaan diferensial eksplisit

$$\begin{aligned}
 u(x, t + \Delta t) &= u(x, t) + \frac{\Delta t}{2\Delta x} a \left(u(x + \Delta x, t) - u(x - \Delta x, t) \right) + \\
 &\quad \frac{\Delta t^2}{2\Delta x^2} a^2 \left(u(x - \Delta x, t) - 2u(x, t) + u(x + \Delta x, t) \right) \\
 &= 0,5ap(1 + ap)u(x - \Delta x, t) + (1 - a^2p^2)u(x, t) - 0,5ap(1 - ap)u(x + \Delta x, t)
 \end{aligned}$$

dimana $p = \Delta t / \Delta x$. Persamaan diatas dapat disebut stabil jika dapat memberikan hasil yang akurat untuk harga Δt yang cukup besar.

Perkiraan Lax-Wendroff mudah diterapkan pada persamaan simultan

$$\frac{\partial U}{\partial t} + A \frac{\partial U}{\partial x} = 0 \quad (2.34)$$

dimana A adalah konstanta. Dengan menggunakan ekspansi Taylor,

$$U(x, t + \Delta t) = U(x, t) + \Delta t \frac{\partial U(x, t)}{\partial t} + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{\partial^2 U(x, t)}{\partial t^2} + \dots$$

kemudian persamaan diferensial diatas dapat digantikan derivatif waktu(t)-nya dengan derivatif jarak(x) dari persamaan 2.34.

$$\frac{\partial}{\partial t} \equiv -A \frac{\partial}{\partial x}$$

$$U(x, t + \Delta t) = U(x, t) + \Delta t A \frac{\partial U(x, t)}{\partial x} + \frac{\Delta t^2}{2} A \left(\frac{\partial^2 U(x, t)}{\partial x^2} \right) + \dots$$

Dengan menggunakan perkiraan deferensial tengah standar seperti yang telah dijelaskan diatas pada persamaan 2.31 dan 2.32 untuk suku kedua dan ketiga pada persamaan diatas didapat:

$$u(x, t + \Delta t) = u(x, t) + \frac{\Delta t}{2\Delta x} A \left(u(x + \Delta x, t) - u(x - \Delta x, t) \right) + \frac{\Delta t^2}{2\Delta x^2} A^2 \left(u(x - \Delta x, t) - 2u(x, t) + u(x + \Delta x, t) \right)$$

Pengembangan dari persamaan 2.33 adalah sebagai berikut:

$$U(x, t + \Delta t) = U(x, t) + \Delta t \frac{\partial U(x, t)}{\partial t} + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{\partial^2 U(x, t)}{\partial t^2} + \dots$$

$$U(x, t + \Delta t) = U(x, t) - \Delta t \frac{\partial F(x, t)}{\partial x} - \frac{\Delta t^2}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial F(x, t)}{\partial x} \right) + \dots \quad (2.35)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial F}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial F}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\partial F}{\partial U} \frac{\partial U}{\partial t} \right] = - \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\partial F}{\partial U} \frac{\partial F}{\partial x} \right]$$

$A = \frac{\partial F}{\partial U}$ adalah matrik jacobian F terhadap U . Misal, jika $U = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$

dan $F(U) = \begin{bmatrix} F_1(U) \\ F_2(U) \end{bmatrix}$ maka $A = \begin{bmatrix} \partial F_1 / \partial U_1 & \partial F_1 / \partial U_2 \\ \partial F_2 / \partial U_1 & \partial F_2 / \partial U_2 \end{bmatrix}$

Sehingga persamaan 2.35 dapat ditulis kembali sebagai

$$U(x, t + \Delta t) = U(x, t) - \frac{\Delta x}{\Delta t} \left(\frac{\partial F(x, t)}{\partial x} \right) + \frac{\Delta t^2}{2\Delta x} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial F(x, t)}{\partial x} \right) + \dots$$

dengan menggunakan perkiraan diferensial terpusat untuk persamaan diatas didapatkan perkiraan Lax-Wendroff.

$$\begin{aligned} u(x, t + \Delta t) = & u(x, t) - 0,5p(F(x + \Delta x, t) - F(x - \Delta x, t)) \\ & + 0,5p^2 \langle A(x + 1/2\Delta x, t)(F(x + \Delta x, t) - F(x, t)) \\ & - A(x - 1/2\Delta x, t)(F(x, t) - F(x - \Delta x, t)) \rangle \end{aligned}$$

Untuk Menghindari evaluasi pada titik tengah biasanya untuk memperhitungkan $A(x + 1/2\Delta x, t)$ dengan $0,5(A(x + \Delta x, t) - A(x, t))$ dan $A(x - 1/2\Delta x, t)$ dengan $0,5(A(x, t) - A(x - \Delta x, t))$.

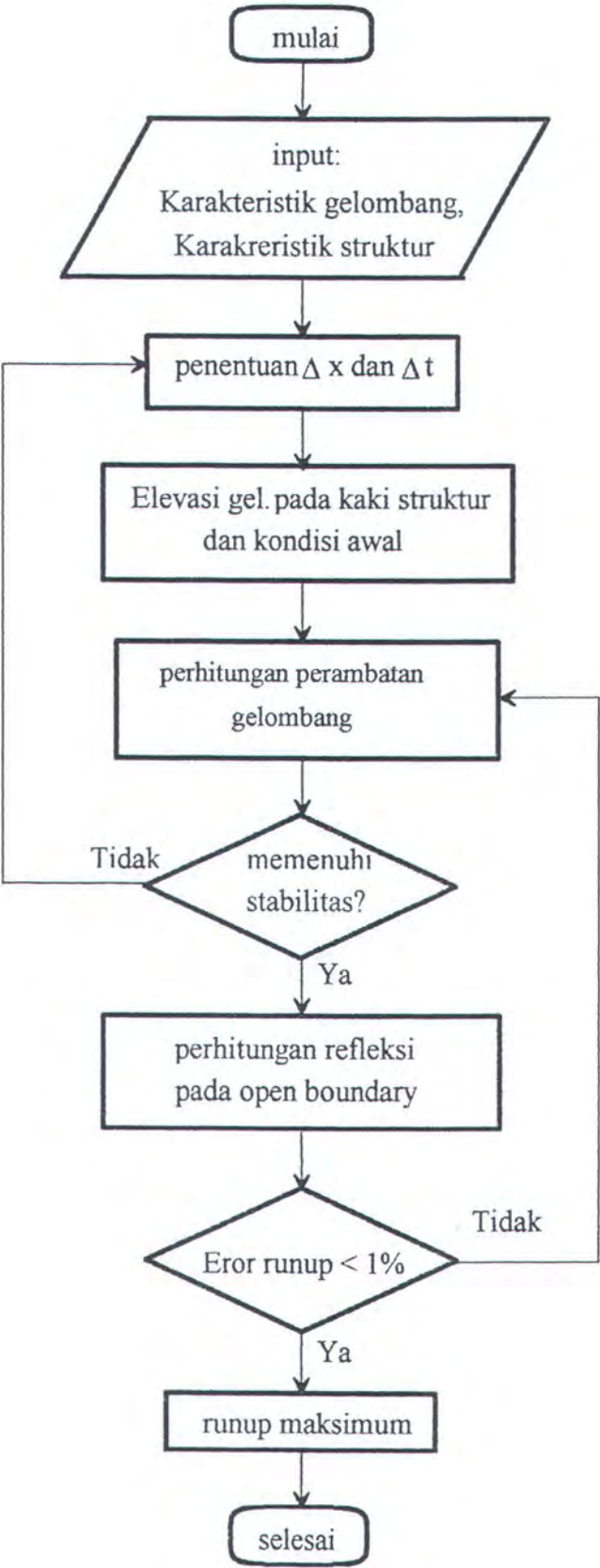
BAB III

SISTEMATIKA PEMROGRAMAN

3.1 PROSEDUR PERHITUNGAN

Dalam Tugas Akhir ini perhitungan runup dilakukan dengan dibantu oleh perangkat lunak untuk memudahkan perhitungan. Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung perambatan gelombang berupa persamaan diferensial yang dikembangkan dari persamaan momentum dan kontinuitas, dimulai dari kaki struktur pelindung pantai hingga mencapai kedalaman nol atau pertemuan permukaan air dengan struktur dimana runup atau rundown terjadi.

Perhitungan dimulai dengan membaca input berupa karakteristik gelombang dan struktur bangunan pelindung pantai, kemudian ditentukan kondisi batas dan kondisi awal dimana tidak ada perambatan gelombang atau air dalam keadaan tenang. Dari sini kemudian dicari elevasi gelombang pada koordinat kaki struktur sebagai open boundary. Dalam mencari elevasi gelombang digunakan teori gelombang yang sesuai, yaitu teori gelombang cnoidal. Perambatan gelombang ini dihitung pada tiap satuan waktu sehingga didapatkan runup maksimum yang terjadi untuk



gambar 3.1 Flowchart perhitungan runup

tinggi gelombang datang tertentu. Urutan perhitungan ini dapat dilihat pada gambar 3.1.

Salah satu faktor yang mempengaruhi perambatan gelombang ini adalah gesekan yang terjadi antara fluida dengan dasar struktur. Formulasi tentang gesekan ini telah diberikan dalam 2.3.1. dan dengan menggunakan data pada tabel 3.1. (Laporan Perencanaan Bangunan Pengaman Sangsit, 1996) bisa didapatkan koefisien gesek sebagai input dalam perhitungan.

3.2 SKEMA NUMERIK

Persamaan dasar yang dipergunakan dalam perhitungan perambatan gelombang adalah persamaan kontinuitas, konservasi momentum dan massa untuk fluida incompressible dalam dua dimensi (Roy, 1986):

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g \quad (3.3)$$

dimana variabel fisik yang digunakan dalam ketiga persamaan diatas adalah:

t = waktu

u = kecepatan fluida pada arah x

w = kecepatan fluida dalam arah z

ρ = densitas air

g = kecepatan gravitasi

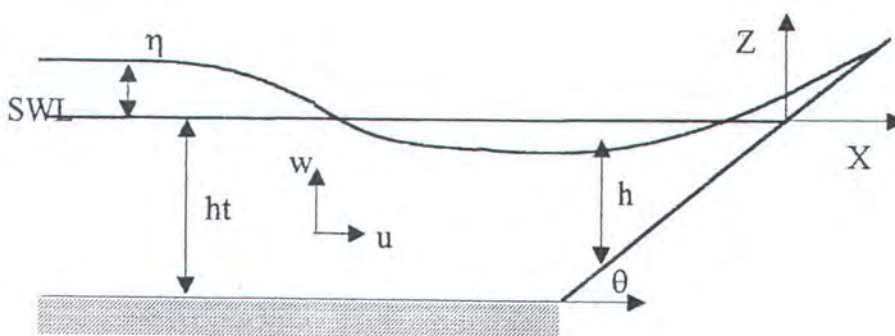
p = tekanan

τ_{zx} = tegangan gesek

Sistem koordinat yang digunakan pada analisa adalah dalam satu dimensi dan didefinisikan dalam gambar 3.2.

Dengan asumsi gelombang pada perairan dangkal dan kecepatan vertikal partikel air diabaikan, persamaan momentum (3.3) menjadi :

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g \quad (3.4)$$



gambar 3.2

Integrasi dari persamaan 3.4 dan menggunakan boundary condition dimana tekanan permukaan bebas ($z = h$), sama dengan nol memberikan

$$p = \rho g (\eta - z) \quad (3.5)$$

Substitusi dari persamaan 3.5 pada 3.2:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau}{\partial z} \quad (3.6)$$

persamaan kontinuitas pada 3.1 diintegrasikan dari $z = -ht$ sampai $z = h$ didapatkan:

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_{-ht}^{\eta} u dz + \left[\frac{\partial \eta}{\partial x} u \right]_{\eta} + \left[-\frac{\partial ht}{\partial x} u \right]_{-ht} + [w]_{\eta} - [w]_{-ht} = 0 \quad (3.7)$$

menggunakan kondisi batas kinematis:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} = w \quad \text{pada } z = \eta \quad (3.8)$$

$$-u \frac{\partial ht}{\partial x} = w \quad \text{pada } z = -ht \quad (3.9)$$

dengan demikian persamaan 3.7 dapat disederhanakan menjadi:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-ht}^{\eta} u dz = 0 \quad (3.10)$$

kecepatan rata-rata dapat didefinisikan sebagai:

$$U = \frac{1}{\eta + ht} \int_{-ht}^{\eta} u dz = \frac{1}{h} \int_{-ht}^{\eta} u dz \quad (3.11)$$

dengan $h = \eta + ht$, adalah kedalaman total, kemudian 3.10 dapat ditulis kembali sebagai:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} hU = 0 \quad (3.12)$$

Sebagaimana persamaan kontinuitas, persamaan momentum pada 3.6 diintegrasikan terhadap z menjadi:

$$\int_{-ht}^{\eta} \frac{\partial u}{\partial t} dz + \int_{-ht}^{\eta} \frac{\partial u^2}{\partial x} dz + [uw]_{-ht}^{\eta} = -g(\eta + ht) \frac{\partial \eta}{\partial x} + \left[\frac{\tau}{\rho} \right]_{-ht}^{\eta} \quad (3.13)$$

Kemudian bagian pertama dan kedua dari persamaan tersebut dengan mengikuti aturan Leibnitz (Panton, 1996) dapat dibuat sebagai:

$$\int_{-ht}^{\eta} \frac{\partial u}{\partial t} dz = \frac{\partial}{\partial t} \int_{-ht}^{\eta} u dz - \left[\frac{\partial \eta}{\partial t} u \right]_{\eta} + \left[-\frac{\partial ht}{\partial t} u \right]_{-ht} \quad (3.14)$$

$$\int_{-ht}^{\eta} \frac{\partial u^2}{\partial x} dz = \frac{\partial}{\partial x} \int_{-ht}^{\eta} u^2 dz - \left[\frac{\partial \eta}{\partial x} u^2 \right]_{\eta} + \left[-\frac{\partial ht}{\partial x} u^2 \right]_{-ht} \quad (3.15)$$

substitusi dari persamaan 3.14 dan 3.15 ke persamaan 3.13:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \int_{-ht}^{\eta} u dz + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-ht}^{\eta} u^2 dz - \left[u \left(\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + w \right) \right]_{\eta} - \left[u \left(u \frac{\partial ht}{\partial x} + w \right) \right]_{-ht} = \\ -g(\eta + ht) \frac{\partial \eta}{\partial x} + \left[\frac{\tau}{\rho} \right]_{-ht}^{\eta} \end{aligned} \quad (3.16)$$

Persamaan diatas dapat disederhanakan dengan menggunakan kondisi batas kinematis pada persamaan 3.8 dan 3.9, sedangkan tegangan gesek pada permukaan bebas adalah nol dengan asumsi bahwa tidak ada gesekan dengan angin dan tegangan gesek dengan permukaan dasar laut adalah τ_b . Kemudian persamaan 3.16 dapat disederhanakan dengan menggunakan kecepatan rata-rata sebagai:

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU) + \frac{\partial}{\partial x}(U^2 h) = -gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{\tau_b}{\rho} \quad (3.17)$$

dengan mensubstitusikan $\eta = (h - ht)$ kedalam persamaan 3.17 didapat:

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU) + \frac{\partial}{\partial x} \left(U^2 h + \frac{g}{2} h^2 \right) + gh \tan \theta + \frac{\tau_b}{\rho} = 0 \quad (3.18)$$

dimana $\tan \theta = - dh/dx$

Variabel-variabel fisik dari persamaan kontinuitas dan momentum dinormalisasi, dengan menggunakan skala jarak karakteristik vertikal dan horisontal, H_c dan L_c , dan skala waktu karakteristik T_c , sebagai berikut:

$H_c = H$ = tinggi gelombang datang

$$L_c = \sqrt{gH} T$$

$T_c = T$ = periode gelombang datang

Kemudian semua variable dinormalisasikan :

$$x^* = \frac{x}{\sqrt{gH} T} ;$$

$$h = \frac{h}{H} ;$$

$$t = \frac{t}{T} ;$$

$$u = \frac{u}{\sqrt{gH}} ;$$

$$\theta = \frac{\tan \theta}{\frac{H}{\sqrt{gH} T}} = \sqrt{2\pi} \xi ;$$

$$\tau_b = \frac{\tau}{\frac{\rho g H^2}{\sqrt{gH} T}} ;$$

dimana

$$\xi = \frac{\tan \theta}{\sqrt{\frac{H_o}{L_o}}} \text{ dan } I_{,o} = \frac{gT^2}{2\pi}$$

Tegangan gesek setelah dinormalisasi secara sederhana adalah:

$$\tau = fw|u|u \quad (3.19)$$

karena dalam perhitungan nantinya selain digunakan koefisien gesek dari Manning, juga digunakan harga koefisien gesek yang ditentukan, maka ada dua jenis koefisien gesek:

$$fw = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \xi \frac{fw}{\tan \theta} \quad \text{untuk harga } fw \text{ tetap}$$

$$fw = \sqrt{2\pi} \xi \frac{fw}{\tan \theta} \quad \text{untuk harga } fw \text{ dari Manning}$$

Kemudian untuk persamaan - persamaan selanjutnya semua variabel menggunakan variabel normal. Persamaan kontinuitas dan persamaan momentum berubah menjadi:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hU) = 0 \quad (3.20)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU) + \frac{\partial}{\partial x}\left(U^2h + \frac{h^2}{2}\right) + \theta h + fw|u|u = 0 \quad (3.21)$$

Dengan menggunakan ekspansi taylor dimana derivative terhadap waktu (t) digantikan dengan derivative terhadap jarak horisontal (x).

$$U(x, t + \Delta t) = U(x, t) + \Delta t \frac{\partial U(x, t)}{\partial t} + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{\partial^2 U(x, t)}{\partial t^2} + O(\Delta t)^3 \quad (3.22)$$

untuk persamaan kontinuitas didapatkan:

$$h(x, t + \Delta t) = h(x, t) - \Delta t \frac{\partial m(x, t)}{\partial t} \quad (3.23)$$

menggunakan teknik yang sama dari ekspansi taylor terhadap persamaan 3.23 secara penuh termasuk suku G . Untuk $U_{j,n+1}$ didapatkan dari $U_{j-1,n}$, $U_{j,n}$, $U_{j+1,n}$ dimana $m = hU$, dan untuk persamaan momentum :

$$m(x, t + \Delta t) = m(x, t) + \Delta t \frac{\partial m(x, t)}{\partial t} + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{\partial^2 m(x, t)}{\partial t^2} \quad (3.24)$$

dimana:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = - \left\{ \frac{\partial F}{\partial x} + G \right\}$$

$$F = U^2 h + \frac{h^2}{2}, \text{ dan } G = \theta h + f_w |u| u, \text{ dan}$$

$$\frac{\partial^2 m}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial m}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \frac{\partial F}{\partial x} + G \right\} = \frac{\partial}{\partial x^2} \left\{ \frac{\partial F}{\partial m} (\partial F + G \partial x) - \left(\frac{\partial G}{\partial t} \partial x \right) \partial x \right\}$$

sehingga persamaan momentum dapat dituliskan kembali:

$$m(x, t + \Delta t) = m(x, t) - \Delta t \left\{ \frac{\partial F}{\partial x} + G \right\} + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{\partial}{\partial x^2} \left\{ \frac{\partial F}{\partial m} (\partial F + G \partial x) - \left(\frac{\partial G}{\partial t} \partial x \right) \partial x \right\} \quad (3.25)$$

Dari persamaan 3.24 dan 3.25 dapat dibuat skema numerik yang akan digunakan dalam pemrograman. Kedua persamaan tersebut dapat dikombinasikan dalam bentuk:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} + G = 0$$



$$U = \begin{bmatrix} m \\ h \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} mu + 0,5h^2 \\ m \end{bmatrix}; G = \begin{bmatrix} \theta h + fw|u|u \\ 0 \end{bmatrix}$$

Menggunakan persamaan 3.22 tanpa suku G, derivatif waktu digantikan dengan derivatif jarak.

$$u(x, t + \Delta t) = u(x, t) + \Delta t \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{\partial}{\partial x} \left[A^2 \frac{\partial}{\partial x} u(x, t) \right] + O(\Delta t)^3$$

$$A = \frac{\partial F}{\partial u}$$

$$u_{j,n+1} = u_{j,n} - \lambda \left[0.5(F_{j+1} - F_{j-1,n}) + \Delta x G_{j,n} \right] + 0.5\lambda^2 (g_j - g_{j-1,n} - \Delta x S_{j,n})$$

dimana : $\lambda = \Delta t / \Delta x$

$$g_{j,n} = 0.5(A_{j+1,n} + A_{j,n}) \left[F_{j+1,n} - F_j + 0.5\Delta x (G_{j+1,n} + G_{j-1,n}) \right]$$

$$A = \begin{bmatrix} 2m/h & h - m^2/h^2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$S_{j,n} = \Delta x \left(\frac{\partial G}{\partial t} \right)$$

$$\frac{\partial G}{\partial t} = \begin{bmatrix} \theta \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial \tau}{\partial t} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial \tau}{\partial t} = 2fw|u|h^{-1} \left[\frac{\partial m}{\partial t} - u \frac{\partial h}{\partial t} \right]$$

$$\frac{\partial \tau}{\partial t} = 2fw|u|h^{-1} \left[(u^2 - h) \frac{\partial h}{\partial x} - u \frac{\partial m}{\partial x} - \theta h - \tau \right]$$

3.3. NORMALISASI GELOMBANG CNOIDAL

Karena perhitungan yang dilakukan semua menggunakan variabel normal yang tak berdimensi, maka untuk mencari harga elevasi gelombang menggunakan teori gelombang cnoidal, semua variabel juga akan dinondimensikan menggunakan variabel karakteristik seperti dijelaskan pada bab sebelumnya.

$$c = (ht)^{1/2} \left[1 + \frac{1}{ht m} \left(\frac{1}{2} - \frac{E(k)}{K(k)} \right) \right]$$

untuk Urschel parameter adalah:

$$Ur = \frac{L^2}{ht} \quad (3.26)$$

dimana panjang gelombang diperoleh dari persamaan 2.12, dan penggabungan 2.9 dan 3.26 didapatkan:

$$m = \frac{3}{16} \frac{ht}{L} K^2$$

untuk mencari m dilakukan iterasi dengan mengambil satu nilai awal dengan berpedoman bahwa $0 < m < 1$, setelah itu dapat dicari fungsi cnoidal dan elevasi gelombang dari persamaan 2.11 dan 2.12:

$$\eta_{\min} = - \left[1 + \frac{1}{m} \left(\frac{E}{K} - 1 \right) \right]$$

$$\eta = \eta_{\min} + Hcn^2 \left[2K(k) \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right), k \right]$$

3.4 KONDISI AWAL DAN OPEN BOUNDARY

Untuk memulai perhitungan muka air diasumsikan tenang sebelum gelombang datang memasuki daerah dimana perhitungan dimulai, jadi dianggap bahwa tidak ada gerakan diasumsikan sampai langkah waktu ke n . Hal ini memberikan elevasi dan kecepatan pada $t = 0$ adalah nol. $h = 0$, dan $u = 0$.

Salah satu metode dari input pada offshore boundary adalah bahwa gelombang tidak sama dengan gelombang cnoidal murni tetapi merupakan resultan dari pergerakan gelombang cnoidal murni dan gelombang refleksi. Bagaimanapun hal ini penting untuk mengikutkan gelombang refleksi melewati boundary. Hal ini dapat diselesaikan dengan metode karakteristik untuk digunakan pada offshore boundary. Elevasi dan kecepatan hasil dari refleksi gelombang ini dapat dicari dengan mengembangkan persamaan (3.20) dan (3.21) dengan menggantikan kedalaman dengan kecepatan gelombang normal dimana kecepatan gelombang pada perairan dangkal adalah $c = \sqrt{gh}$.

$$c = \sqrt{h} \quad (3.27)$$

$$2 \frac{\partial c}{\partial t} + 2u \frac{\partial c}{\partial x} + c \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (3.28)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + 2c \frac{\partial c}{\partial x} + \theta + \frac{\tau}{h} = 0 \quad (3.29)$$

jika kedua persamaan diatas dijumlahkan dan dikurangkan maka akan didapatkan:

$$\frac{\partial}{\partial t}(u+2c) + (u+c) \frac{\partial}{\partial x}(u+2c) + \theta + \frac{\tau}{h} = 0 \quad (3.30)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(-u+2c) + (u-c) \frac{\partial}{\partial x}(-u+2c) - \theta - \frac{\tau}{h} = 0 \quad (3.31)$$

kemudian dapat disederhanakan menjadi:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} + (u+c) \frac{\partial \alpha}{\partial x} = -\theta - \frac{\tau}{h} \quad (3.32)$$

$$\frac{\partial \beta}{\partial t} + (u-c) \frac{\partial \beta}{\partial x} = \theta + \frac{\tau}{h} \quad (3.33)$$

dimana α dan β merupakan variabel karakteristik, $\alpha = u+2c$,
 $\beta = -u+2c$. Total kedalaman pada open boundary dapat dituliskan:

$$h = h_t + \eta_i(t) + \eta_r(t) \text{ pada } x = 0 \quad (3.34)$$

gelombang refleksi normal h_r didapatkan dari variabel karakteristik β pada $x = 0$ (Yeh, Liu, dan Synolakis, 1996).

$$\eta_r = 0.5 \sqrt{h_t} \beta - h_t \quad (3.35)$$

Selain gelombang refleksi η_r , juga diperlukan untuk mendapatkan harga dari u pada $x = 0$, pada waktu $t = n\Delta t$, yang tidak dapat dihitung dengan persamaan (3.25). Untuk mencari harga β pada $x = 0$ digunakan PDF orde pertama yang sederhana dengan memisalkan faktor tegangan gesek $\tau = 0$,

$$\beta_{1,n+1} = \beta_{1,n} - \frac{\Delta t}{\Delta x} (u_{1,n} - c_{1,n}) (\beta_{2,n} - \beta_{1,n}) + \Delta t \theta \quad (3.36)$$

dimana $\beta_{1,n} = -u_{1,n} + 2c_{1,n}$ dan $\beta_{2,n} = -u_{2,n} + 2c_{2,n}$ dan subskrip pertama menandakan lokasi node dan subskrip kedua menandakan level waktu. Persamaan diatas dapat dihitung untuk harga u yang diketahui pada $j=1$ dan 2 pada waktu $t=(n+1) \Delta t$. Harga dari gelombang refleksi dihitung dari persamaan (3.35) dengan variabel karakteristik dihitung dari persamaan (3.36) sehingga dapat dihitung kedalaman dan kecepatannya. Kemudian koefisien refleksi didapatkan dari elevasi gelombang yang dinormalisasi sebagai persamaan berikut:

$$Kr = \eta_r(\max) - \eta_r(\min) \quad (3.37)$$

3.5. STABILITAS

Pendekatan dengan metode numerik terutama dengan menggunakan skema eksplisit dapat dikatakan stabil secara numerik apabila terjadi kesalahan yang kecil. Stabilitas numerik ini akan mempercepat perhitungan dimana perhitungan yang dilakukan akan konvergen dan dengan kesalahan yang kecil. Apabila stabilitas tersebut dapat tercapai maka kelebihan dari skema implicit akan hilang. Stabilitas numerik tersebut dapat dicapai bila skema numerik yang dibuat memenuhi (Roy,1986):

$$\left| \frac{\Delta t}{\Delta x} \right| \leq \frac{1}{|u_{\max}| + c_{\max}}$$

dimana: $|u_{\max}|$ = harga absolut dari kecepatan air maximum

c_{\max} = kecepatan gelombang

Untuk diskretisasi dalam perhitungan jarak horisontal x dari dasar struktur sampai garis pantai pada muka air tenang dibagi seratus bagian dan waktu dibagi menjadi duaribu bagian dalam satu periode gelombang, dan akan bertambah apabila perhitungan stabilitas memerlukannya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL

Setelah melakukan perhitungan dengan memasukkan input-input yang dibutuhkan sesuai data pembanding yang ada di Sangsit, maka didapatkan hasil perhitungan program. Program perhitungan telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan koefisien gesek Manning dimana untuk struktur yang menggunakan tumpukan batu mempunyai koefisien kekasaran 0,035 dan untuk blok beton mempunyai koefisien kekasaran 0,013 juga menurut Roy(1986), yang menganjurkan untuk menggunakan koefisien gesek 0,3 dimana memberikan hasil yang baik digunakan dalam pendekatan runup menggunakan model numerik. Selain itu juga dihitung runup dengan menggunakan rumus empiris untuk permukaan yang halus dan impermeable menurut Yuwono(1990) yang telah dijelaskan pada Bab 2 sebagai pembanding.

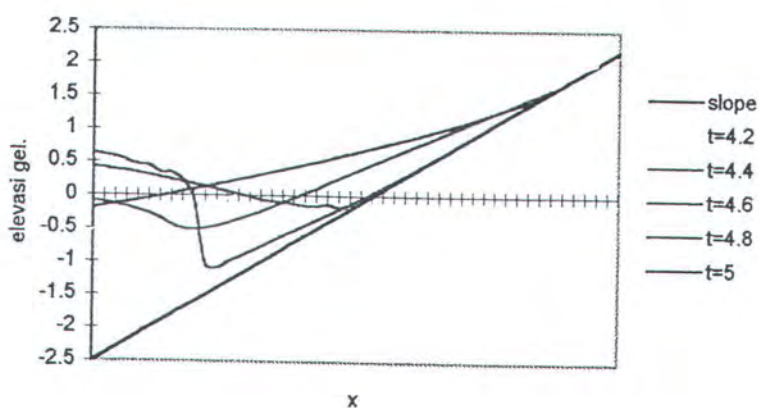
Penentuan garis pantai pada perhitungan disini adalah pada kedalaman kurang dari 2 mm. Dan runup yang dihasilkan adalah runup maksimum yang terjadi dalam satu periode gelombang.

Sebagai pembandingan untuk hasil perhitungan model numerik yang dilakukan adalah data yang diambil dari Laporan Pembangunan Perlindungan Pantai Sangsit, Bali (1996). Tinggi gelombang laut dalam signifikan adalah 0.6 meter, dengan periode 8 detik, kedalaman pada kaki struktur 1,5 meter pada saat air pasang maksimum dan runup yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

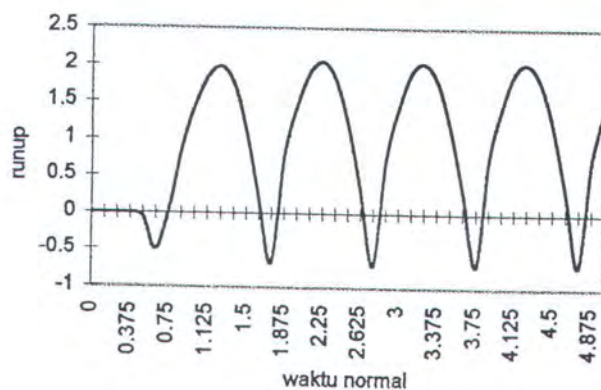
Tabel 4.2. Runup pada beberapa kemiringan
(Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali, 1996)

Sudut cot θ	Runup (m)	
	Batu	Beton
1.5	1.207	2.171
2	1.174	2.114
3	1.064	1.915
4	0.946	1.702
5	0.769	1.385

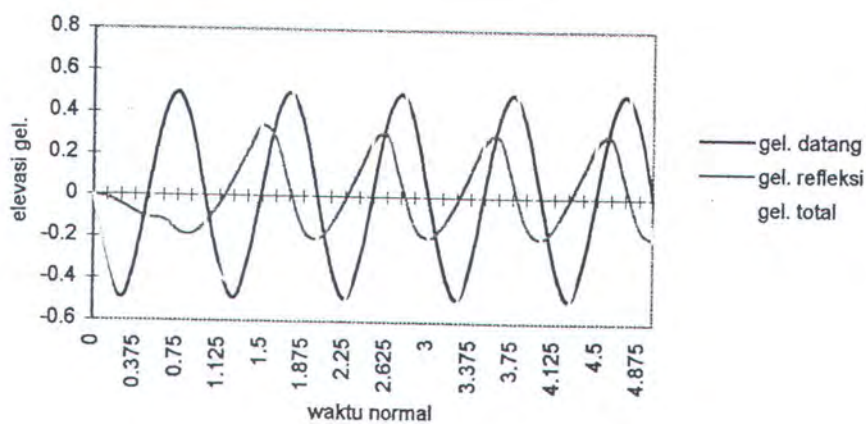
Hasil running program secara lengkap dapat dilihat pada gambar 4.1 sampai 4.15, dimana satuan runup dalam meter dan variabel lain adalah nondimensional.



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

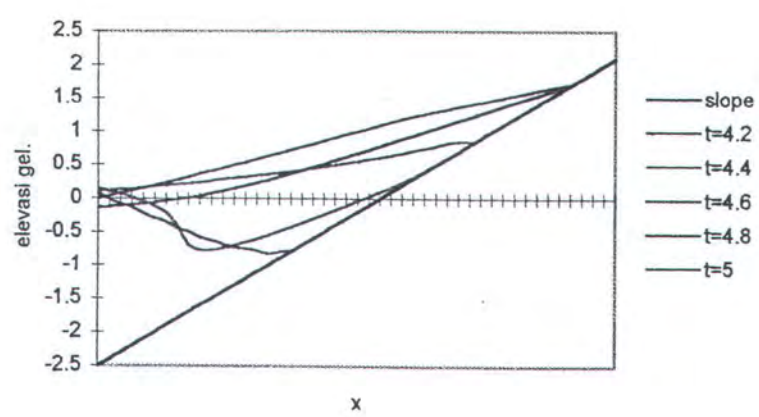


grafik variasi runup terhadap waktu

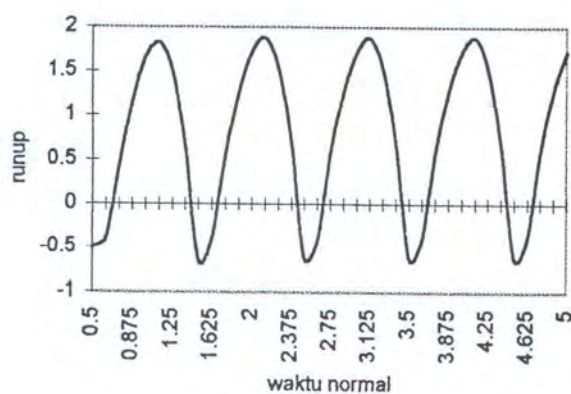


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

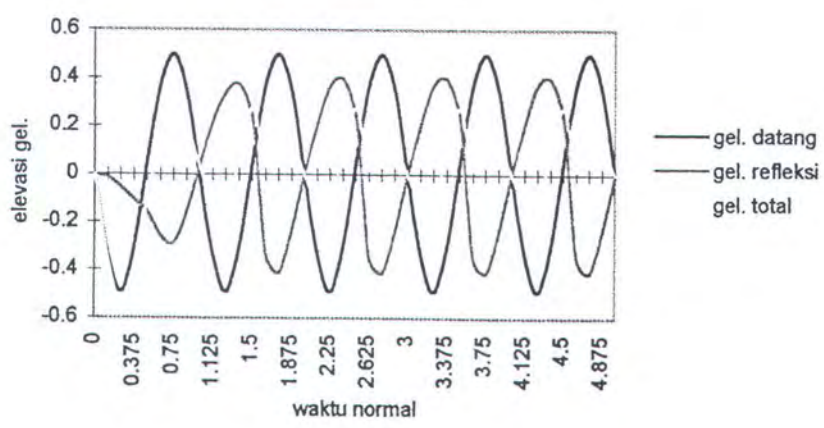
Gambar 4.1 grafik pada struktur beton dengan kemiringan $\theta = 5^\circ$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

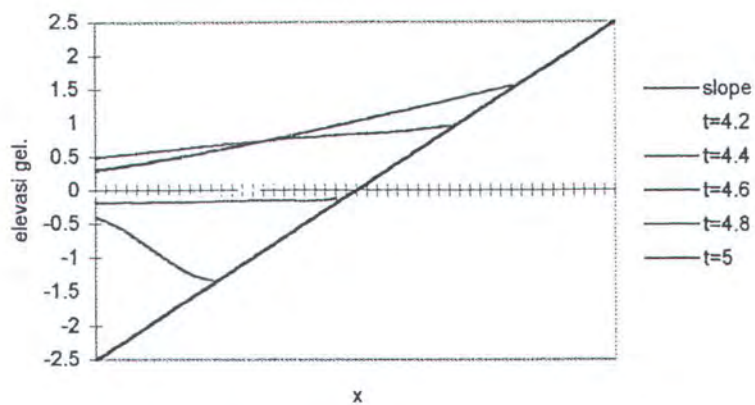


grafik variasi runup terhadap waktu

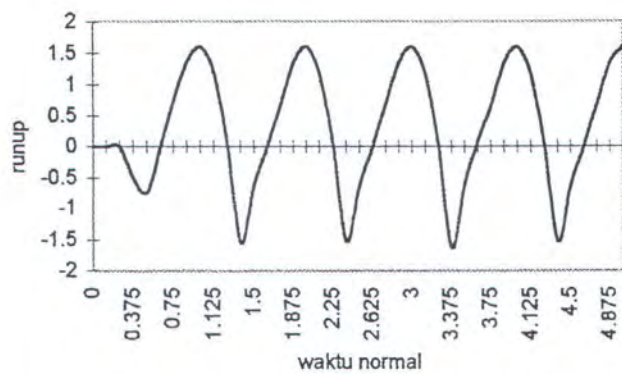


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

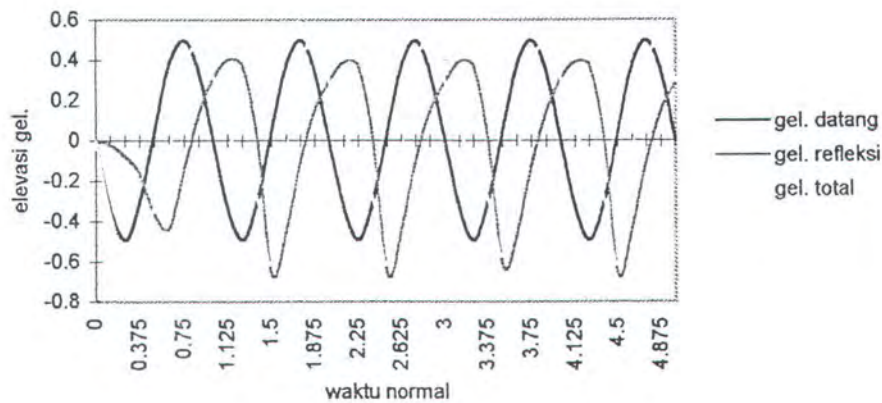
Gambar 4.2 grafik pada struktur beton dengan kemiringan $\cot \theta = 4$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

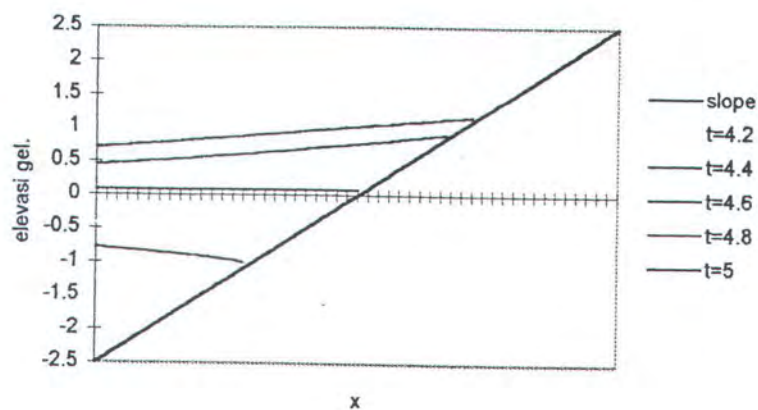


grafik variasi runup terhadap waktu

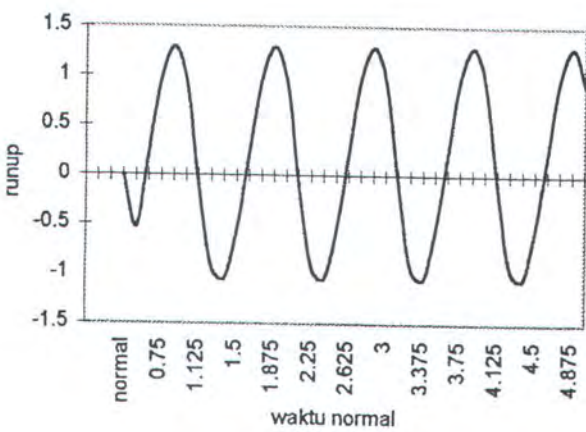


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

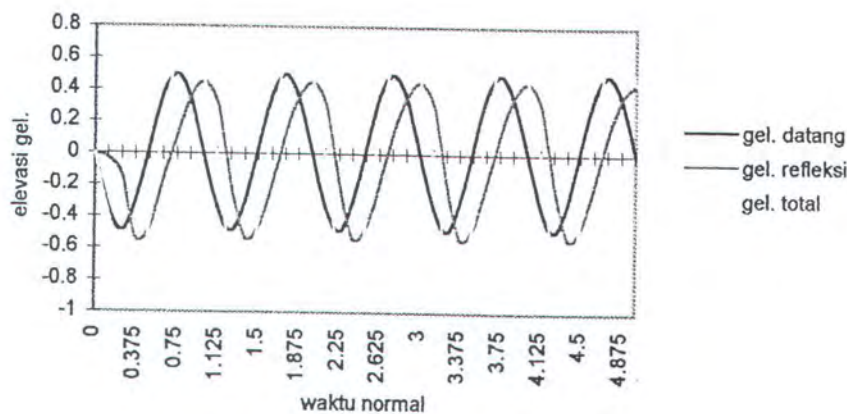
Gambar 4.3 grafik pada struktur beton dengan kemiringan $\cot \theta = 3$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

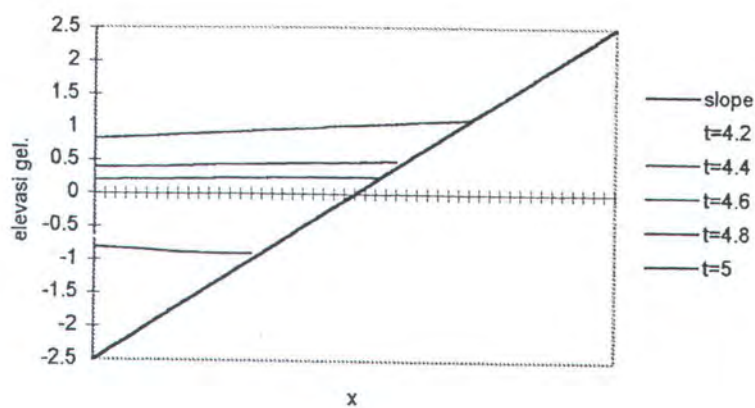


grafik variasi runup terhadap waktu

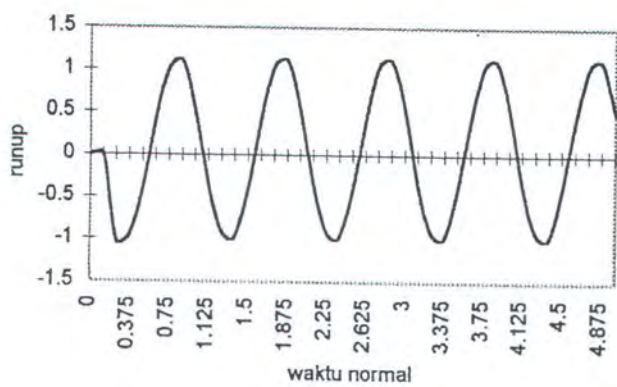


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

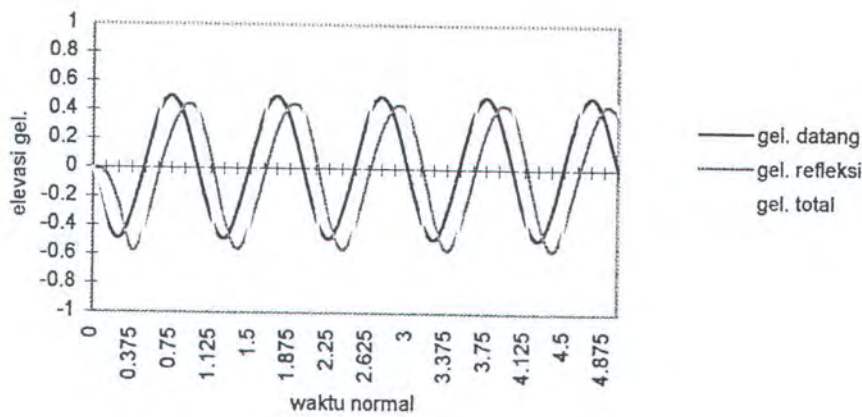
Gambar 4.4 grafik pada struktur beton dengan kemiringan $\cot \theta = 2$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

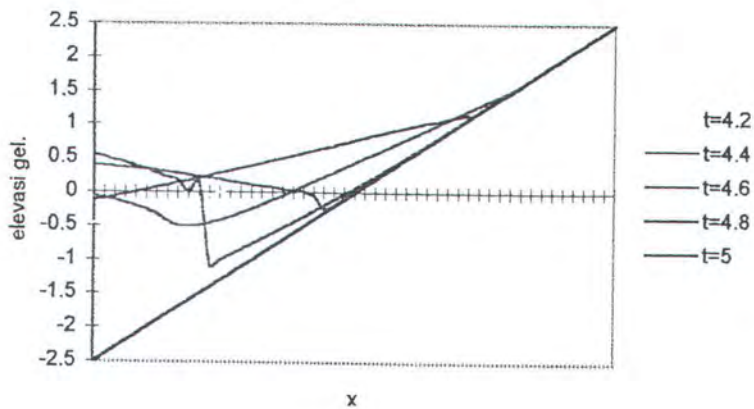


grafik variasi runup terhadap waktu

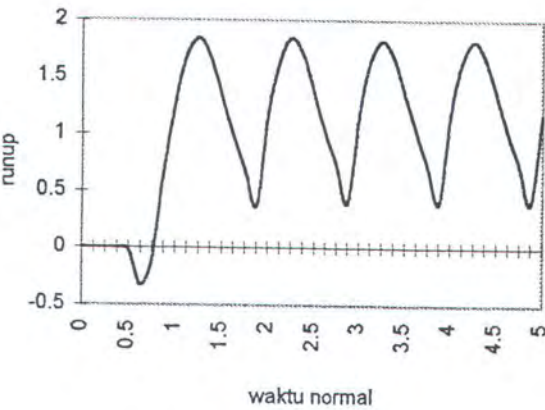


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

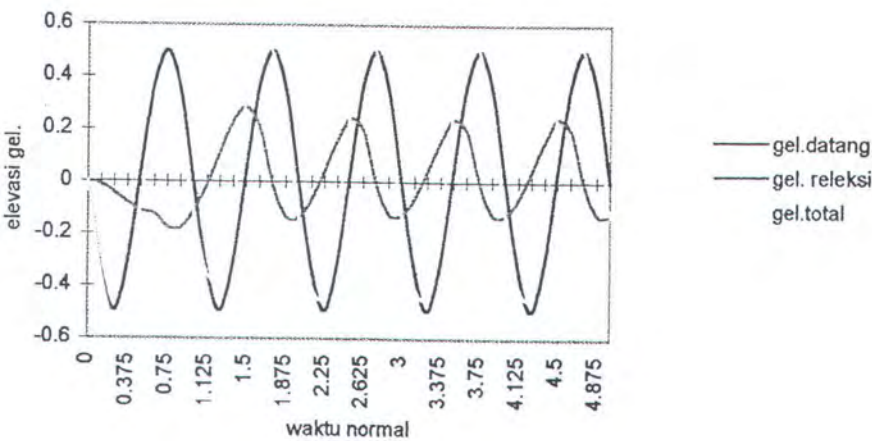
Gambar 4.5 grafik pada struktur beton dengan kemiringan $\cot \theta = 1.5$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

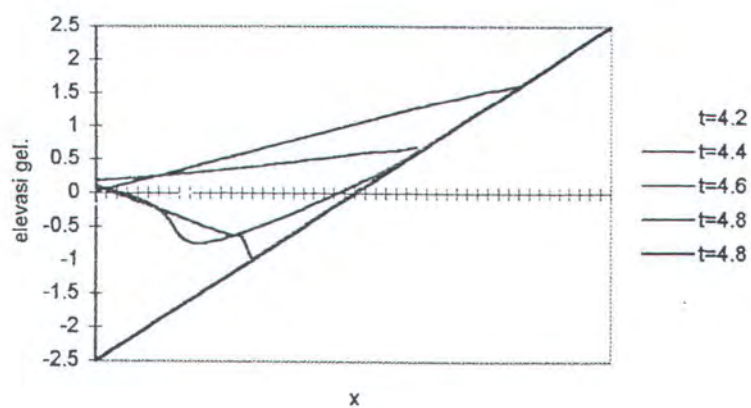


grafik variasi runup terhadap waktu

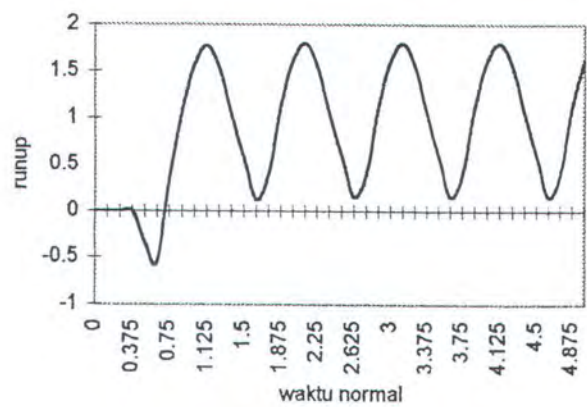


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

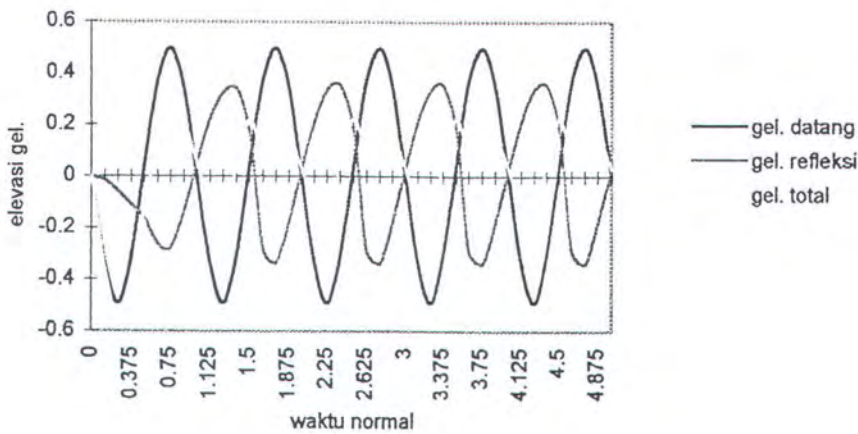
Gambar 4.6 grafik pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 5$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

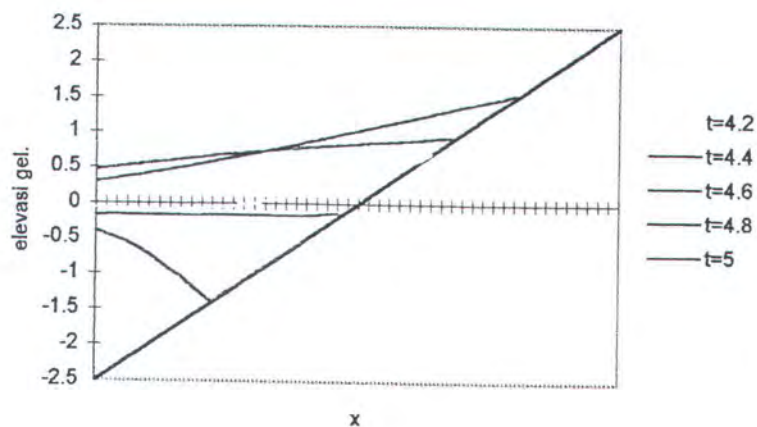


grafik variasi runup terhadap waktu

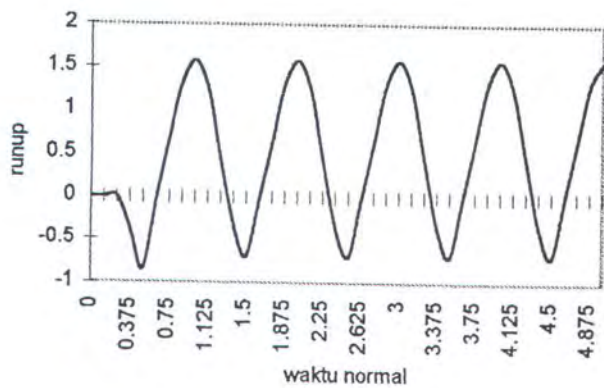


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

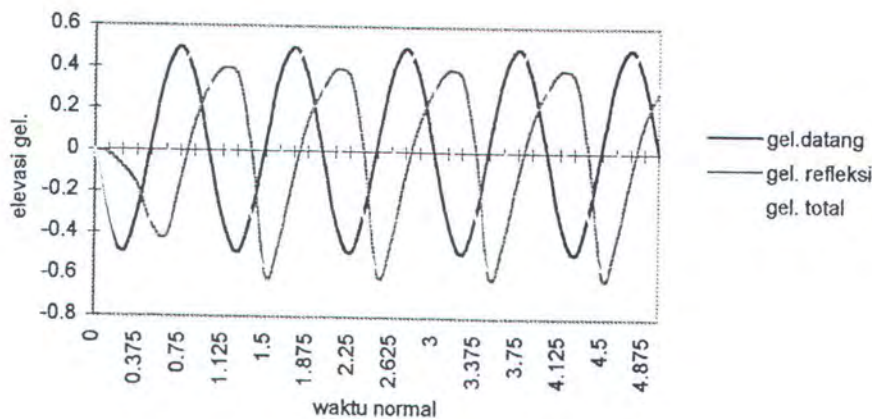
Gambar 4.7 grafik pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 4$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

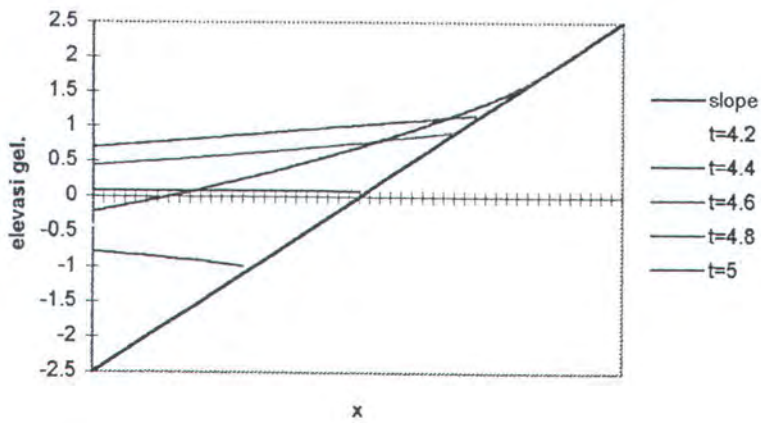


grafik variasi runup terhadap waktu

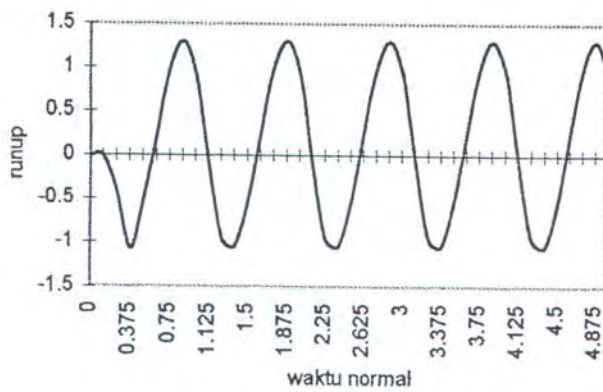


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

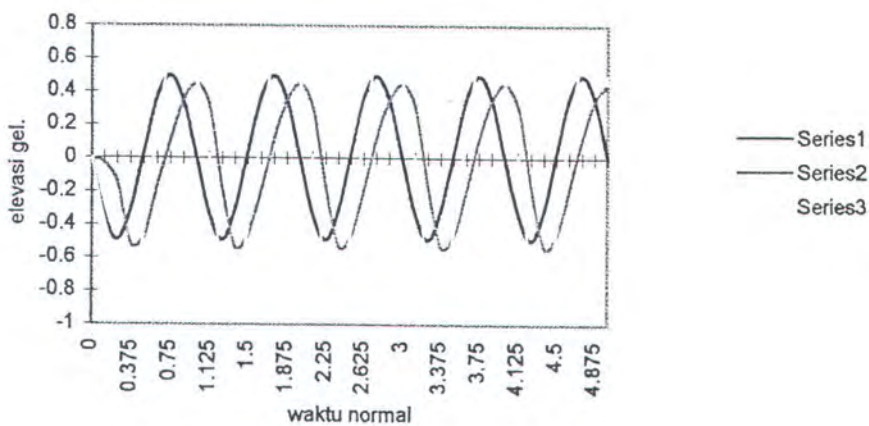
Gambar 4.8 grafik pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 3$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

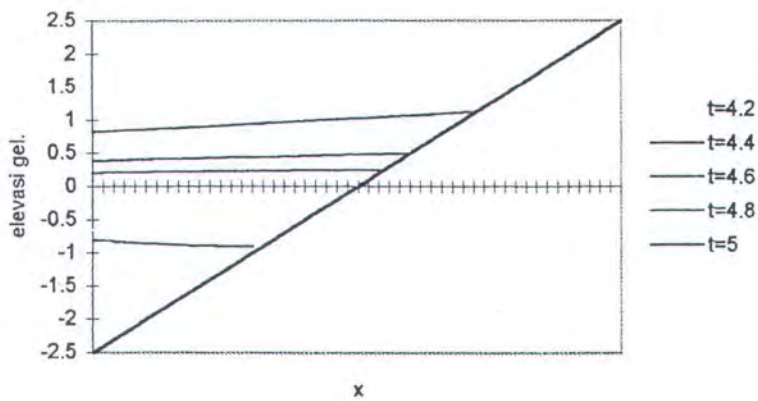


grafik variasi runup terhadap waktu

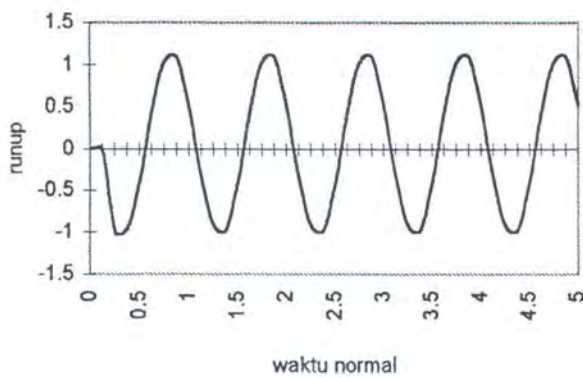


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

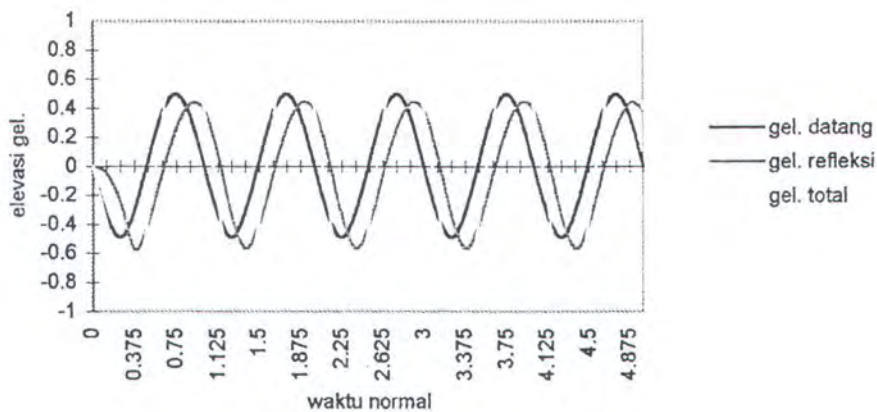
Gambar 4.9 grafik pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 2$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

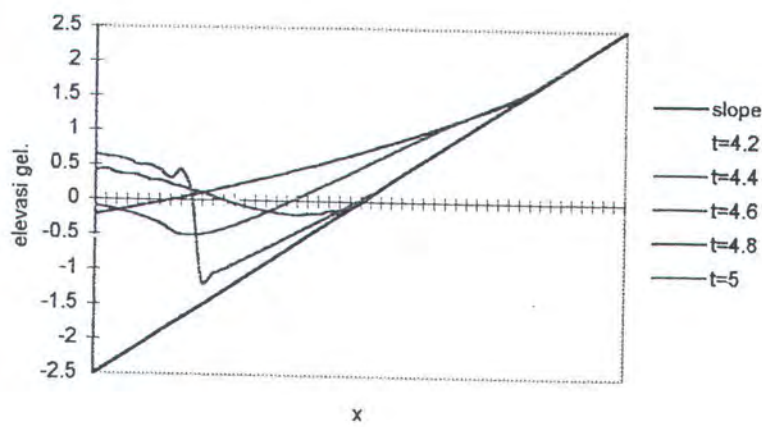


grafik variasi runup terhadap waktu

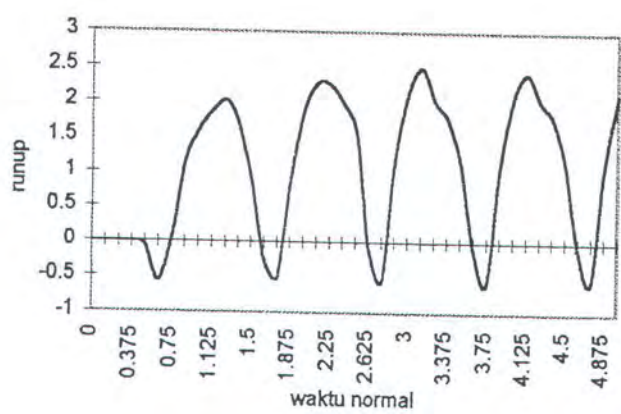


grafik variasi runup terhadap waktu

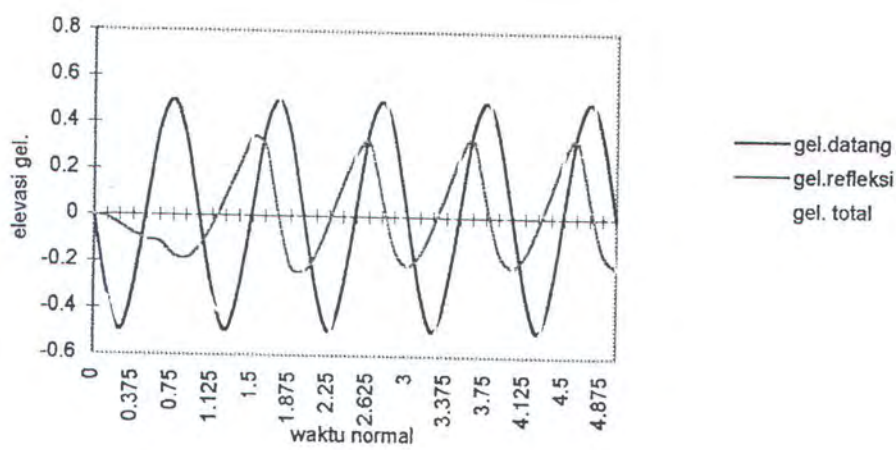
Gambar 4.10 grafik pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 1.5$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

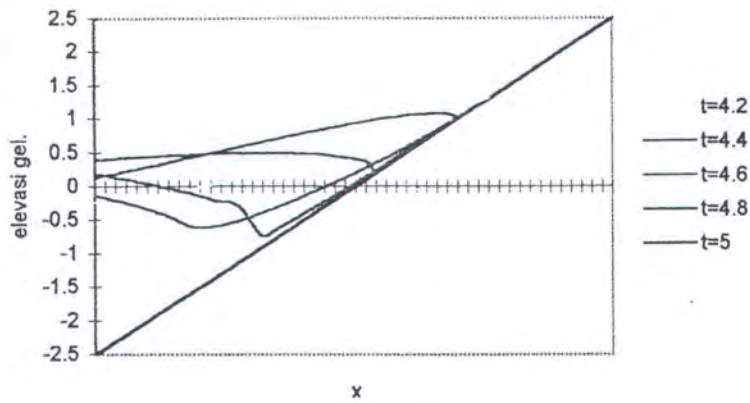


grafik variasi runup terhadap waktu

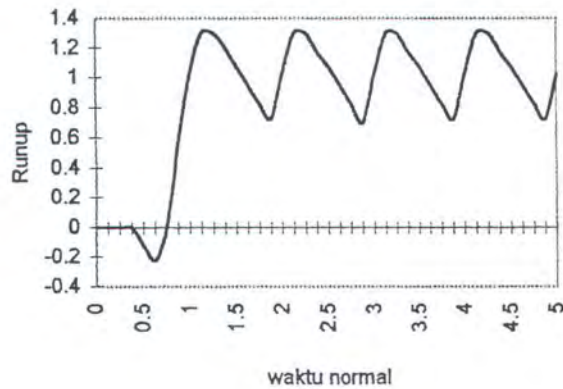


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

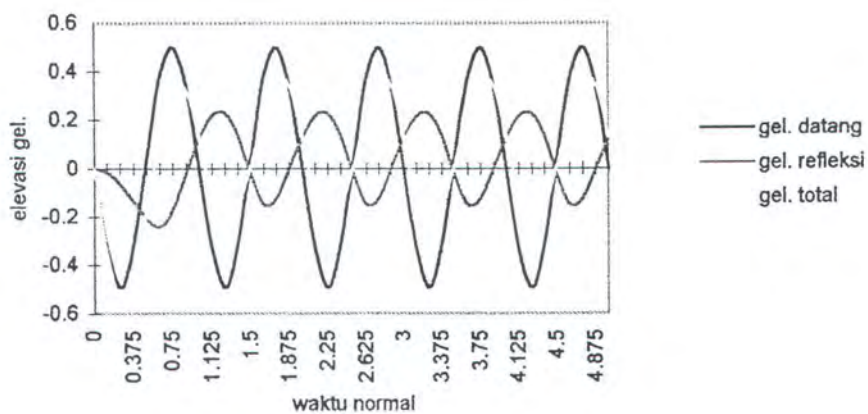
Gambar 4.11 grafik hasil untuk koef. gesek = 0.3 dan kemiringan $\cot \theta = 5$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

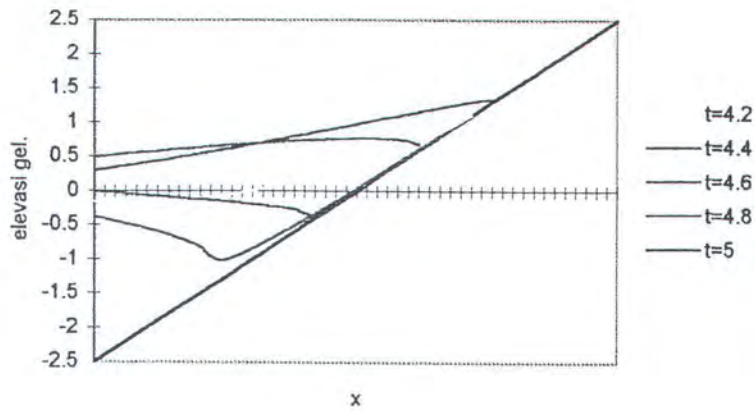


grafik variasi runup terhadap waktu

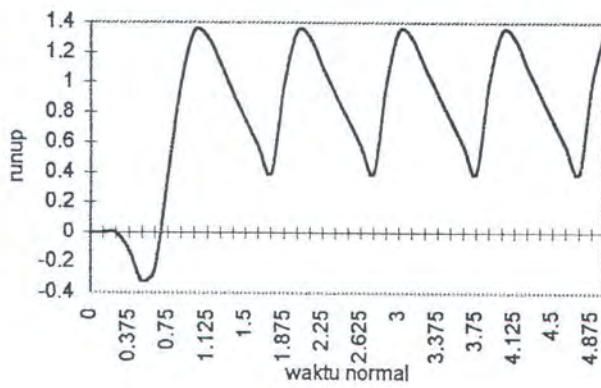


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

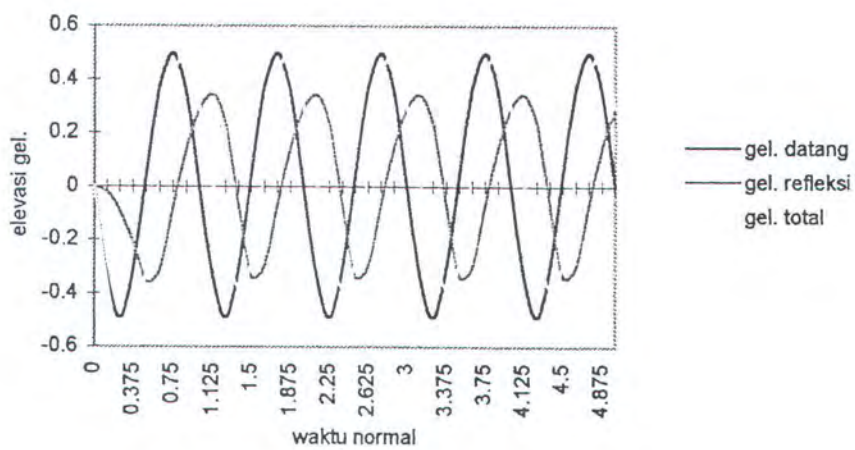
Gambar 4.12 grafik hasil untuk koef. gesek = 0.3 dan kemiringan $\cot \theta = 4$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

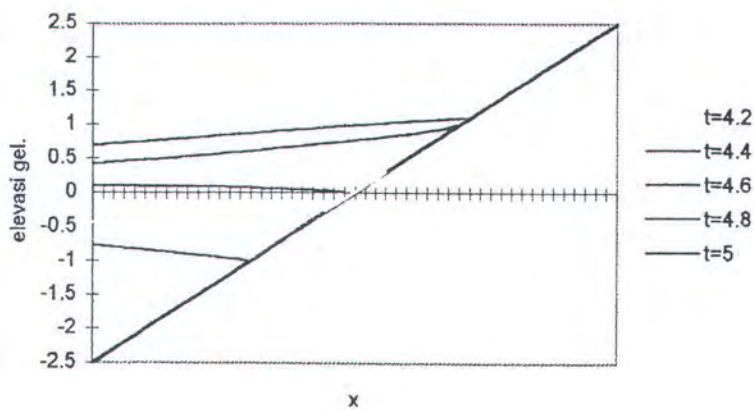


grafik variasi runup terhadap waktu

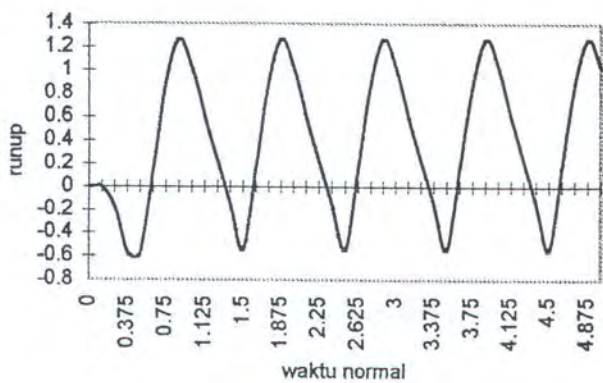


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

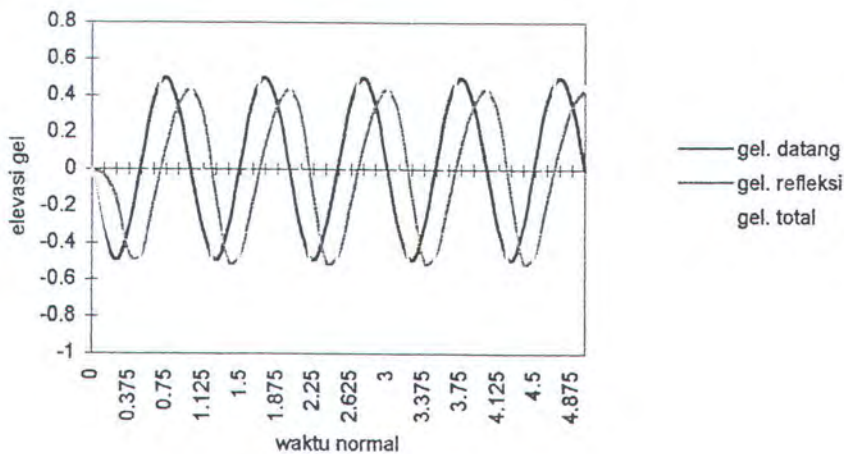
Gambar 4.13 grafik hasil untuk koef. gesek = 0.3 dan kemiringan $\cot \theta = 3$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak

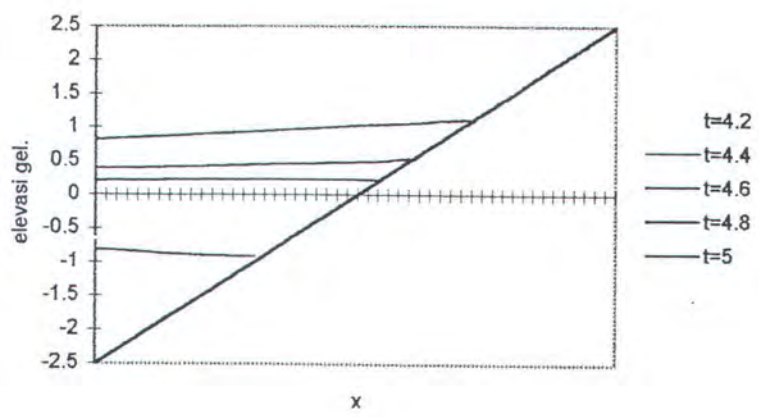


grafik variasi runup terhadap waktu

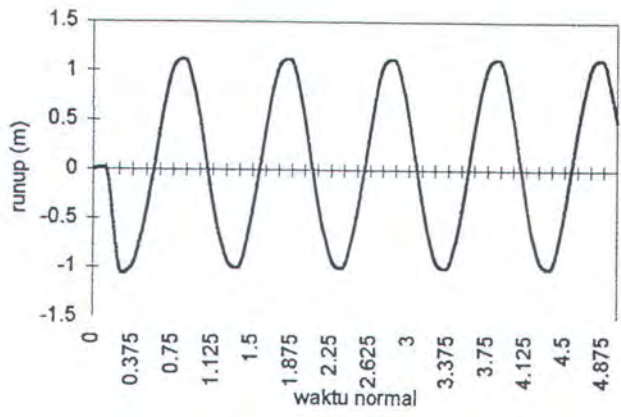


grafik elevasi gelombang terhadap waktu

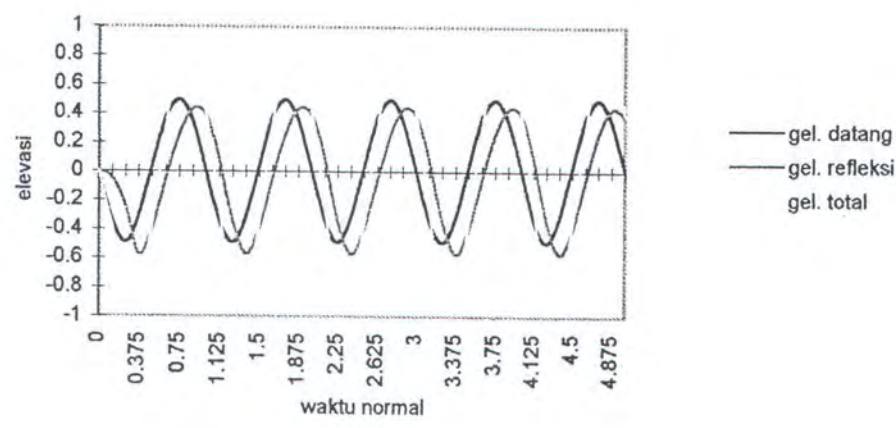
Gambar 4.14 grafik hasil untuk koef. gesek = 0.3 dan kemiringan $\cot \theta = 2$



grafik hasil variasi elevasi gelombang terhadap jarak



grafik variasi runup terhadap waktu



grafik elevasi gelombang terhadap waktu

Gambar 4.15 grafik hasil untuk koef. gesek = 0.3 dan kemiringan cot $\theta = 1.5$



Tabel 4.1. Runup hasil perhitungan

Sudut		Runup dg Koef. gesek Manning		Runup $f_w = 0.3$ (m)	Runup pd perm. halus(m)
$\cot \theta$	θ	Batu(m)	Beton(m)		
1.5	33.67	1.5	1.15	1.15	1.2
2	26.55	1.3	1.13	1.3	1.2
3	18.43	1.575	1.6	1.4	1.2
4	14.03	1.8	1.875	1.35	1.38427
5	11.3	1.85	2.05	1.225	1.50042

Selain runup perhitungan menghasilkan gelombang refleksi. Koefisien refleksi dari gelombang yang dipantulkan oleh struktur revetment disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.2 Koefisien Refleksi hasil perhitungan

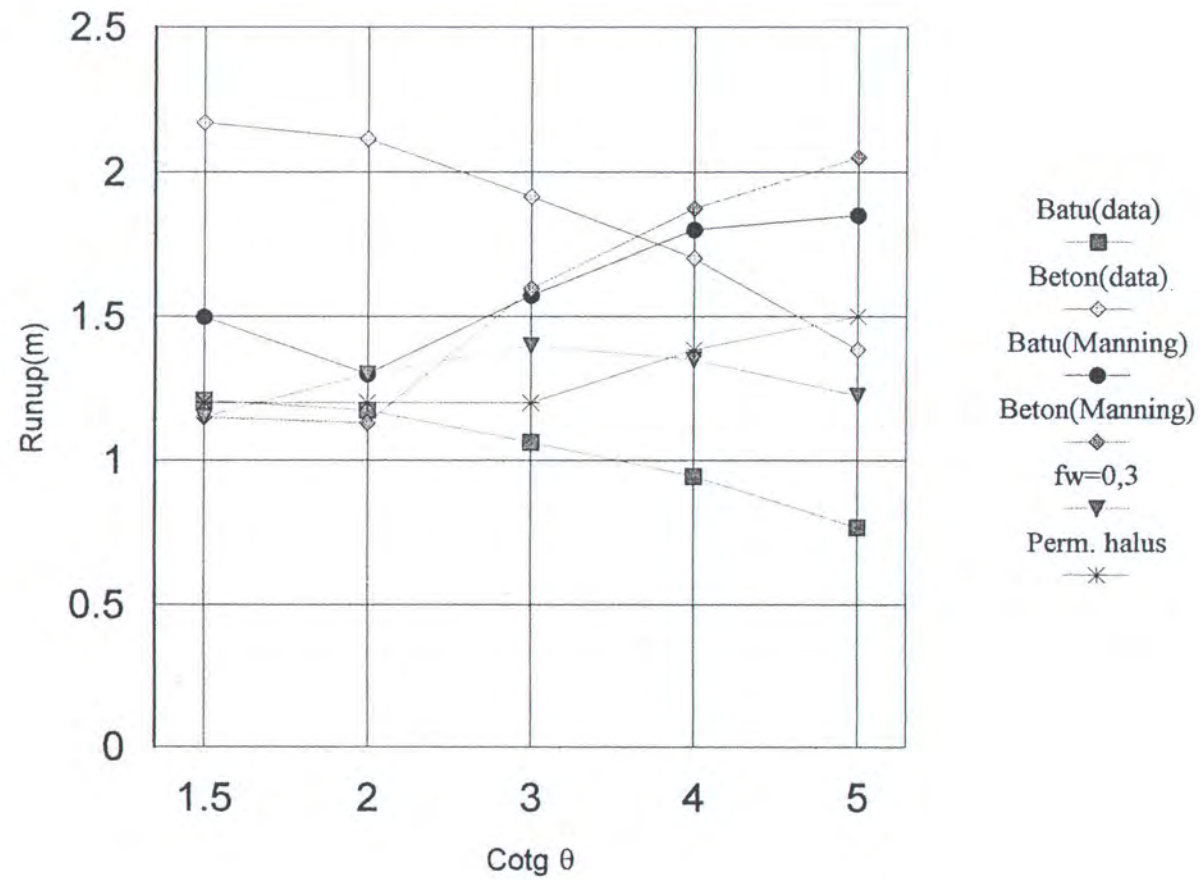
Sudut		Koefisien Refleksi dg Koef. gesek Manning		Koefisien Refleksi dg Koef. gesek = 0.3
$\cot \theta$	θ	Batu	Beton	
1.5	33.67	1.0192	1.0198	1.0135
2	26.55	0.9895	0.9914	0.9642
3	18.43	1.0155	1.3015	0.7087
4	14.03	0.7256	0.842	0.3928
5	11.3	0.4331	0.5501	0.1737

4.2 PEMBAHASAN

Untuk dapat menganalisa runup yang dihasilkan dalam perhitungan, dapat dilakukan pengamatan pada gambar 4.1 sampai 4.15 pada sub bab sebelumnya. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada sudut kemiringan yang landai yaitu pada sudut $11,3^\circ$ dan $14,03^\circ$ gelombang yang datang dapat meluncur pada slope struktur, sehingga menghasilkan runup yang lebih besar daripada pada sudut kemiringan yang lebih tajam

Hal ini disebabkan oleh adanya energi potensial gravitasi yang melawan energi gelombang yang naik menyusuri kemiringan struktur sehingga menghasilkan runup yang lebih kecil pada struktur dengan kemiringan yang tajam, sedangkan pada kemiringan yang lebih landai, partikel - partikel air didorong oleh momentum kecepatan partikel air itu sendiri sehingga dapat merambat naik pada kemiringan.

Dari grafik runup hasil perhitungan maupun dari data yang ada maka dapat diketahui bahwa pada struktur yang menggunakan tumpukan batu menghasilkan runup yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan beton. Hal ini dapat dijelaskan dengan adanya tegangan gesek permukaan yang dihasilkan oleh kekasaran permukaan struktur, dimana tumpukan batu menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih besar daripada susunan blok beton. Sehingga gelombang kehilangan energi yang

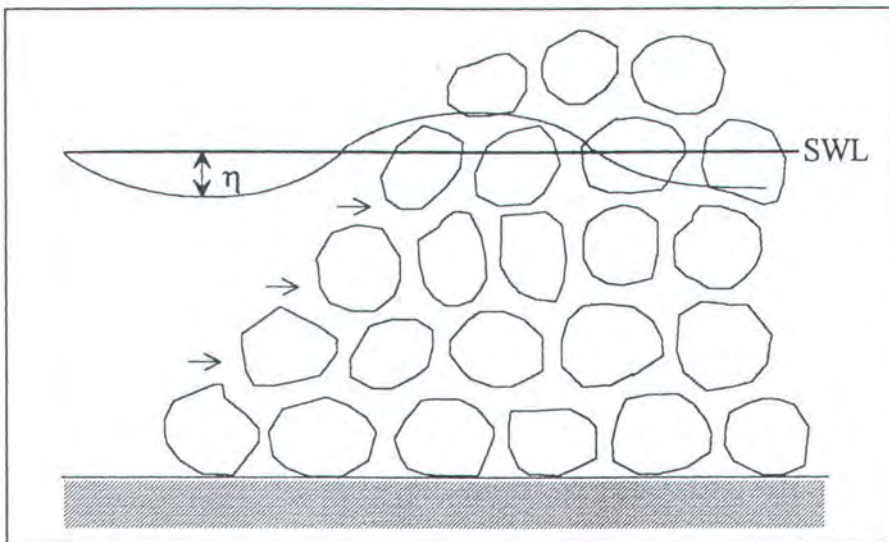


gambar 4.16. grafik runup hasil perhitungan

lebih besar pada permukaan yang lebih kasar. Walaupun begitu hasil yang didapatkan kurang baik pada sudut $26,55^\circ$ dan $33,67^\circ$ dimana pada struktur batu menghasilkan runup lebih besar daripada struktur beton.

Selain yang telah dijelaskan diatas, dari hasil runup dapat dilihat juga perbedaan pada perhitungan runup dengan menggunakan formula Manning untuk menghitung tegangan geseknya, antara struktur batu dan blok beton maupun engan menggunakan koefisien gesek tertentu yang konstan memberikan perbedaan mencolok. Hal tersebut penyebabnya adalah pengambilan pendekatan harga koefisien kekasaran yang kurang akurat atau kurang sesuai.

Dari hasil yang didapat diatas juga dapat dilihat perbedaan yang ada antara data runup yang ada dengan hasil yang didapatkan dari running program yang menggunakan koefisien Manning, dimana trenline dari data adalah pada kemiringan yang lebih landai maka besarnya ketinggian runup semakin besar pada sudut antara $11,3^\circ$ sampai $18,43^\circ$, sedangkan hasil runing program memberikan yang sebaliknya. Meskipun begitu running program memberikan hasil yang cukup baik apabila dibandingkan dengan rumus empiris yang diberikan oleh Yuwono(1990).



gambar 4.17. permeabilitas pada batuan

Perbedaan ini dapat dijelaskan dengan adanya permeabilitas dimana pada struktur revetment tersebut menggunakan tumpukan batuan ataupun blok beton maka menghasilkan porositas yaitu rongga rongga antar batuan atau beton. Dengan adanya porositas ini maka air yang datang melimpas bangunan akan dapat lolos masuk pori - pori batuan sehingga menyerap energi gelombang yang datang seperti pada gambar 4.1. Sedangkan untuk perhitungan Runup dengan menggunakan Koefisien gesek yang konstan hasil yang didapatkan cukup baik dibandingkan data yang ada khususnya pada kemiringan struktur yang landai.

Untuk gelombang refleksi, yang dihasilkan pada perhitungan memberikan hasil yang baik dimana refleksi yang terjadi untuk kemiringan yang lebih tajam maka akan

menghasilkan gelombang refleksi yang semakin besar pula. Hal ini disebabkan pada kemiringan yang landai energi gelombang akan tereduksi oleh kemiringan tersebut dan sebagian kecil yang dipantulkan kembali sebagai gelombang refleksi.

Dari pengamatan yang dilakukan diatas secara umum bahwa perhitungan runup yang dilakukan cukup baik untuk kemiringan yang landai saja yaitu pada sudut $11,3^{\circ}$ sampai $18,43^{\circ}$.

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diambil ini berdasarkan hasil analisa yang terdapat dalam bab IV, dan dengan mengacu pada tujuan yang hendak dicapai dari penulisan tugas akhir ini, beberapa kesimpulan tersebut adalah:

1. Perhitungan Runup dengan Koefisien gesek yang konstan ternyata memberikan hasil yang cukup baik digunakan untuk pendekatan struktur permeable, walaupun dalam perhitungan struktur diasumsikan impermeable, hanya diperlukan penetapan harga koefisien yang lebih tepat.
2. Besarnya ketinggian runup dipengaruhi oleh kemiringan struktur dimana semakin tajam kemiringan struktur maka besarnya runup akan semakin berkurang dimana pada kemiringan 33,69 runup berkisar antara 1,15 m dan 1,5 m sedangkan pada sudut $11,31^\circ$ runup berkisar 1,225 m dan 2,05 m. Hal ini disebabkan adanya energi potensial grafitasi.
3. Bahan dari struktur revetment mempengaruhi besarnya runup dan refleksi gelombang dimana setiap bahan mempunyai harga kekasaran permukaan yang berbeda.

Untuk bahan yang mempunyai kekasaran yang lebih besar akan menghasilkan runup dan refleksi yang semakin kecil. Sebagai gambaran pada sudut $11,31^\circ$, menghasilkan runup 1,85 m pada batu dan 2,05 m pada beton, dan koefisien refleksi 0,4331 pada batu dan 0,5501 pada beton.

4. Gelombang refleksi yang terjadi secara umum akan semakin besar jika kemiringan struktur semakin besar juga. Untuk kemiringan 11,31 koefisien refleksi antara 0,1737 sampai 0,5501, sedangkan pada kemiringan 33,68 menghasilkan koefisien refleksi 1,0135 sampai 1,0198.

5.2. SARAN

Agar dapat diperoleh hasil pendekatan runup yang lebih baik, penulis menyarankan agar dilakukan beberapa perbaikan, diantaranya:

- Penyempurnaan model yang dipakai, sebaiknya efek dari adanya permeabilitas dari bangunan pantai disertakan dalam mengembangkan persamaan konservasi momentum dan kontinuitas.
- Diperlukan penentuan koefisien kekasaran yang tepat untuk setiap jenis bangunan baik berupa tumpukan batuan , blok beton, ataupun yang lainnya sehingga menghasilkan

perhitungan tegangan gesek permukaan yang baik dan perhitungan runup yang lebih mendekati kenyataan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramowitz, M. and Stegun, I. A., *Handbook of Mathematical Function*, U.S. Government Printing Office, Washington, 1964.
- Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali, *Laporan Akhir Desain Perencanaan Pantai Sangsit*, Bali, 1996.
- Chakarabarti, S.K., *Hydrodynamics of Offshore Structures*, Computational Mechanics Publications, 1987.
- Fox, R.W., and McDonald A. T., *Introduction to Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons, 1987.
- Kobayashi, N., and Yukiko, T., *Numerical Prediction of Solitary wave Runup on Vertical Walls by Finite-Amplitude Shallow-Water wave Model*, in *Long Wave Propagation*, eds. H. Yeh, P.Liu, and C. Synolakis, World Scientific, Singapore, 1995.
- Panton, Ronald L., *Incompressible Flow*, John Wiley & Sons, 1996.
- Roy, I., *Numerical Simulation of wave Runup on Steep Rough Slopes*, Master Thesis, University of Delaware, 1986
- Smith, G.D., *Numerical Solution of Partial Differential equation*, Clarendon Press, Oxford 1985
- Sorensen, P., *Basic Coastal Engineering*, John Wiley & Sons, Singapore, 1991.
- Silvester, R., *Coastal Engineering*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1974.
- Trihatmojo, Bambang, *Metode Numerik*, Beta Offset, 1995.
- Walters, Roy A., and Takagi, Tohimitsu, *Review of Finite Element Methods For Tsunami Simulation*, in *Long Wave Propagation*, eds. H. Yeh, P.Liu, and C. Synolakis, World Scientific, Singapore 1995.
- Yuwono, N., *Teknik Pantai*, 1990.



LAMPIRAN A

LISTING PROGRAM

```

c$noext
c$nowarn
integer s,snew
double precision slope(700),etain(90000),c(700),
1      all(700),al2(700),f1(700),g1(700),afg1(700),
2      s1(700),uf1(700),uf2(700),afgs1(700),afg2(700),
3      elev(700),afgs2(700),normx(700),fw(700)
double precision beta,etaref,invtx,inclin,lop,lo,normt,r(200)

common/ test/ u1(700),u2(700),v(700),b(700),s
common/ c1/ htp,hp,tp
common/ c2/ t
common/ c3/ theta(700)
data delphy/ 2.0/

open (33,file='c:\mhs\91-019\runup.txt')
open (34,file='c:\mhs\91-019\elv1.txt')
open (35,file='c:\mhs\91-019\elv2.txt')
open (36,file='c:\mhs\91-019\elv3.txt')
open (37,file='c:\mhs\91-019\elv4.txt')
open (38,file='c:\mhs\91-019\elv5.txt')
open (39,file='c:\mhs\91-019\elv6.txt')
open (40,file='c:\mhs\91-019\slope.txt')
open (41,file='c:\mhs\91-019\eta.txt')

c*****DATA MASUKAN*****
phi = 3.14159
write (*,500)
500  format (2x,'periode gelombang (sec)= ',\ )
read (*,*)tp
write (*,501)
501  format (2x,'tinggi gelombang (m)= ',\ )
read (*,*)hp
write (*,502)
502  format (2x,'kedalaman kaki struktur (m)= ',\ )
read (*,*)htp
write (*,503)
503  format (2x,'kemiringan strukur (m)= ',\ )
read (*,*)inclin
write (*,504)
504  format (2x,'tegangan gesek Roy(1) / Manning(0) =',\ )
read (*,*)nb
if (nb.ne.1) then
write (*,509)
509  format (2x,'koefisien kekasaran Manning =',\ )
read (*,*)an
endif

```



```

      np = 2000
5      s=100
      delta = (delphy*0.001)/hp
      lop = 9.81*(tp**2)/(2*phi)
      lo = lop / htp
      htoe = htp/hp
      csi = inclin/sqrt(hp/lop)
      x = (1./s)*htoe/(((2*phi)**0.5)*csi)
      t = 1./np
      tx = t/x

      invtx = 1/tx
      tx2 = tx**2

      do 10 j = 1,500
      theta(j) = ((2*phi)**0.5)*csi
      normx(j) = (j-1)*x
10      continue

      thetas = theta(s)

      do 20 j = 1,500
      slope(j) = -htoe+(j-1)*x*theta(j)
20      continue
c      write (40,25) (normx(j),slope(j),j=1,320,4)
25      format (3x,f8.4,5x,f8.4)

c*****ELEVASI GELOMBANG*****
      call cnoidal (np,etain,al,htoe,etamax)

      cmax=htoe+etamax

      do 30 j = 1,s
      v(j) = 0
      u2(j) = htoe-(j-1)*x*theta(j)
      u1(j) = 0
30      continue

      if (nb.eq.1) then
      fwphy = 0.3
      br = ((phi/2)**0.5)*csi*fwphy/inclin
      endif

      e = 0
      id = 1
      is = 1
      ip = 1

```

```

in = 0
nr=1
smax = s

write (*,506)
506  format (//,6x,'normt',7x,'r')

normt = 0
r(1) = 0
etaino = 0
etaref = 0
refmax = 0
refmin = 0
elev = 0
write (*,520) normt,r(1)

write (33,530) normt,r
write (41,540) normt,etaino,etaref,elev
540  format (f6.3,3x,3f8.5)

c*****PERAMBATAN GELOMBANG*****
im = 10*np

do 1 n = 1,im
snew = s
k = s+1
v(k) = 2*v(s)-v(s-1)
u2(k) = 2*u2(s)-u2(s-1)
u1(k) = u2(k)*v(k)

if (nb.ne.1) then
fw(k) = (9.81*an**2)/(u2(k)*hp)**(1/3)
b(k) = fw(k)/(hp/(sqrt(9.81*hp)*tp))
endif

vsn = v(s)
u2sn = u2(s)
v1n = v(1)
v2n = v(2)

do 40 j = 1,s
c(j) = sqrt(u2(j))
if (nb.ne.1) then
fw(j) = (9.81*an**2)/(u2(j)*hp)**(1/3)
b(j) = fw(j)/(hp/(sqrt(9.81*hp)*tp))
endif

```

```

40    continue

      call a (all,al2,1)
      call f (f1,1)
      if (nb.eq.1) then
      call gr (br,g1,1)
      call frictnr (s1,x,br,delta,2)
      else
      call g (g1,1)
      call frictn (s1,x,delta,2)
      endif
      call afg (all,al2,f1,g1,x,afg1,afg2,1)

      do 50 j=2,s
      uf1(j) = 0.5*(f1(j+1)-f1(j-1))+x*g1(j)
      uf2(j) = 0.5*(u1(j+1)-u1(j-1))
      afgs1(j) = afg1(j)-afg1(j-1)-x*s1(j)
      afgs2(j) = afg2(j)-afg2(j-1)
50    continue

      do 60 j=2,s-2
      u1(j) = u1(j)-tx*uf1(j)+0.5*tx2*afgs1(j)
      u2(j) = u2(j)-tx*uf2(j)+0.5*tx2*afgs2(j)
      v(j) = u1(j)/u2(j)
      elev(j) = u2(j)+slope(j)

c*****CEK STABILITAS*****
      if (nb.eq.1) then
      stabil = abs(v(j))+sqrt(cmax)
      if(stabil.gt.invtx) then
      t = x/stabil
      npnew = 1/t
      i = npnew/ 1000
      np =(i+1)*1000
      write(*,*) np
      pause
      goto 5
      endif
      endif

      if (u2(j).le.delta)then
      s = j
      go to 62
      endif
60    continue
62    continue

```



```

    m = s-1
    do 70 j = m,s
    u1(j) = u1(j)-tx*uf1(j)+0.5*tx2*afgs1(j)
    u2(j) = u2(j)-tx*uf2(j)+0.5*tx2*afgs2(j)
    v(j) = u1(j)/u2(j)
    elev(j) = u2(j)+slope(j)
70    continue

    if (u2(s).gt.u2(m)) then
    if (u2(m).gt.delta.and.u2(s).gt.delta) then
    u2(s) = 2*u2(m)-u2(s-2)
    v(s) = 2*v(m)-v(s-2)
    u1(s) = u2(s)*v(s)
    elev(s) = u2(s)+slope(s)
    elseif ((u2(m).le.delta).and.(u2(s).gt.delta)) then
    dummy = u2(m)
    u2(m) = u2(s)
    u2(s) = dummy
    do 80 j = m,s
    u1(j) = v(j)*u2(j)
    elev(j) = u2(j)+slope(j)
80    continue
    elseif ((u2(m).lt.delta).and.(u2(s).le.delta)) then
    go to 51
    endif
    endif

    if (u2(m).le.delta) then
    write(5,515)n
    goto 51
    endif
    if (u2(s).gt.delta) then
    v(k) = 2*v(s)-v(m)
    u2(k) = 2*u2(s)-u2(m)
    if (u2(k).le.delta) go to 81
    u1(k) = v(k)*u2(k)
    call a (all,al2,m)
    call f (f1,m)
    if (nb.eq.1) then
    call gr (br,g1,1)
    call frictnr (s1,x,br,delta,2)
    else
    call g (g1,1)
    call frictn (s1,x,delta,2)
    endif
    call afg (all,al2,f1,g1,x,afg1,afg2,m)

```

```

    u1sn2 = u1(s)-tx*(0.5*(f1(k)-f1(m))+x*g1(s))+
1      0.5*tx2*(afg1(s)-afg1(m)-x*s1(s))
    u2sn2 = u2(s)-tx*(0.5*(u1(k)-u1(m)))+0.5*tx2*(afg2(s)-afg2(m))

    call runup (u1sn2,u2sn2,tx,delta,x,thetas,vsn,u2sn,snew)
    elev(k) = u2(k)+slope(k)
endif
81  continue

    if (u2(m).gt.delta.and.u2(s).le.delta) snew=s-1
    if (snew.eq.m.or.snew.eq.k) s = snew
    if (abs(v(s)).gt.invtx) then
        if (v(s).gt.0) v(s) = x/t
        if (v(s).lt.0) v(s) = -x/t
        u2(s) = u1(s)/v(s)
        elev(s) = u2(s)+slope(s)
    endif
    do 90 j=s+1,500
        u1(j) = 0
        u2(j) = 0
        v(j) = 0
90  continue

    if (s.gt.smax)smax=s

c*****OPEN BOUNDARY*****
91  beta = -v1n+2*c(1)-tx*(v1n-c(1))*(v1n-v2n+2*(c(2)-c(1)))+
1      t*theta(1)
    etaref = 0.5*sqrt(htoe)*beta-htoe

    if (n.gt.np) then
        if (etaref.gt.refmax) refmax = etaref
        if (etaref.lt.refmin) refmin = etaref
    endif

    if (n.ge.np) then
        if (mod(n,np).eq.0) in=in+1
    endif
    i = n+1-in*np

    elev(1) = etain(i)+etaref
    u2(1) = htoe+elev(1)
    v(1) = 2*(u2(1)**0.5)-beta
    u1(1) = u2(1)*v(1)

```

c*****TAMPILKAN HASIL*****

```

    np5 = np/5
    if (mod(n,np5).eq.0.0) then
        normt = n*t
        nr = nr+1
        r(nr) = (s-100)*x*sqrt(2*phi)*csi
        write (*,520) normt,r(nr)
520    format (6x,f5.2,5x,f8.5)
    endif

```

c*****SIMPAN HASIL*****

```

    np8 = np/8
    if (mod(n,np8).eq.0.0)then
        normt = n*t
        ru = (s-100)*x*sqrt(2*phi)*csi
        write (33,530) normt,ru
530    format (3x,f8.5,5x,f8.5)
        write (41,540)normt,etain(i),etaref,elev(1)
    endif

```

```

    imnp = im-np
    if (n.lt.imnp.or.n.gt.im) goto 1
    lp = (n-imnp+np5)/np5

```

```

    if (lp.eq.ip) then
        if (ip.eq.1) then
            write (34,535) (normx(j),slope(j),elev(j)) j=1,s,4)
535    format (3x,f8.5,5x,f8.5,5x,f8.5)
        elseif (ip.eq.2) then
            write (35,530) (normx(j),elev(j)) j=1,s,4)
        elseif (ip.eq.3) then
            write (36,530) (normx(j),elev(j)) j=1,s,4)
        elseif (ip.eq.4) then
            write (37,530) (normx(j),elev(j)) j=1,s,4)
        elseif (ip.eq.5) then
            write (38,530) (normx(j),elev(j)) j=1,s,4)
        elseif (ip.eq.6) then
            write (39,530) (normx(j),elev(j)) j=1,s,4)
        endif
        ip = ip+1
    endif

```

```

    if (mod(n,np).eq.0.0.and.n.ge.(3*np)) then
        rcek1 = abs(r(nr))+abs(r(nr-1))+abs(r(nr-2))+abs(r(nr-3))
1    +abs(r(nr-4))
        rcek2 = abs(r(nr-5))+abs(r(nr-6))+abs(r(nr-7))+abs(r(nr-8))

```



```

1  +abs(r(nr-9))
   error = abs(rcek1-rcek2)/rcek1
   normt = n*t-1
   if (error.le.0.01) goto 2

   endif
endif
1  continue
2  continue

   refcof = refmax-refmin
   write(*,550) refcof
550  format (//,' coef. refleksi=' ,f9.5)
   write (33,550) refcof

   rmax = (smax-100)*x*sqrt(2*phi)*csi
   write (33,560) rmax

   close (33)
   close (34)
   close (35)
   close (36)
   close (37)
   close (38)
   close (39)
   close (40)
   close (41)

   write (*,560) rmax
560  format (4x,'runup max =' ,f8.5)

51  continue
    stop
    end
C*****AKHIR DARI PROGRAM UTAMA*****

Subroutine cnoidal(np,etain,al,d,etamax)
  real k
  double precision etain(90000),etauad(90000)

  g = 9.81
  phi = 3.14159
  am = 0.00001
10  am = am+0.00001
    call ellipke(k,e,am)
    al = sqrt(d)*(1+(0.5-e/k)/(d*am))

```

```

am1 = 3*a1**2/(16*d*k**2)
err = abs(am-am1)/am
if(err.gt.0.1) goto 10
etamin = -(1+(e/k-1)/am)
np2 = np/2

do 15 n = 1,np
  if(n.gt.np2) go to 51
  u = (2*k*n)/np
  call ellipj(cn,u,am)
  cn2 = cn**2
  etauad(n) = etamin+cn2
  if (n.ge.2) then
    if (etauad(n).lt.0.and.etauad(n-1).ge.0) then
      no = n-1
    endif
  endif
  goto 91
51  continue
    npn = np-(n-1)
    etauad(n) = etauad(npn)
91  continue
15  continue

  npno = np-no

  do 25 n = 1,np
  if(n.le.npno) then
    etain(n) = etauad(n+no)
  else
    etain(n) = etauad(n-npno)
  endif

  if(n.ge.2) then
    if(etain(n).ge.etain(n-1)) nmax = n
  endif
  if(n.ge.2) then
    if(etain(n).le.etain(n-1)) nmin = n
  endif
25  continue
    etamax = etain(nmax)
    return
end

subroutine ellipke(k,e,am)
real k
pi = 22/7

```

```

10  am = am
    a0 = 1
    b0 = sqrt(1-am)
    s0 = am
    il = 0
    mm = 1
30  if (mm.ge.0.001) then
    a1 = (a0+b0)/2
    b1 = sqrt(a0*b0)
    c1 = (a0-b0)/2
    il = il+1
    mm = 2*il*c1**2
    s0 = s0+mm
    a0 = a1
    b0 = b1
    goto 30
endif

k = pi/(2*a1)
e = k*(1-s0/2)
return
end

subroutine ellipj(cn,u,am)
dimension a(50),b(50),c(50),phin(50)
a(1) = 1
c(1) = sqrt(am)
b(1) = sqrt(1-am)

i = 1
10  i = i+1
    a(i) = 0.5*(a(i-1)+b(i-1))
    b(i) = sqrt(a(i-1)*b(i-1))
    c(i) = 0.5*(a(i-1)-b(i-1))
    if (abs(c(i)).gt.0.001) goto 10

    phin(i) = (2**(i-1))*a(i)*u

do 20 n = i-1,1,-1
    teta = c(n+1)*sin(phin(n+1))/a(n+1)
    phin(n) = 0.5*(asin(teta)+phin(n+1))
20  continue
    cn = cos(phin(1))

return
end

```



```

Subroutine f(f1,m)
  integer s
  common/test/u1(700),u2(700),v(700),b(700),s
  double precision f1(700)
  do 10 j = m,s+1
    f1(j) = v(j)*u1(j)+0.5*(u2(j))**2
10  continue
  return
end

subroutine g(g1,m)
  integer s
  common/test/u1(700),u2(700),v(700),b(700),s
  common/c3/theta(700)
  double precision g1(700)
  do 10 j = m,s+1
    shear = b(j)*abs(v(j))*v(j)
    g1(j) = theta(j)*u2(j)+shear
10  continue
  return
end

subroutine gr(br,g1,m)
  integer s
  common/test/u1(700),u2(700),v(700),b(700),s
  common/c3/theta(700)
  double precision g1(700)
  do 10 j = m,s+1
    shear = br*abs(v(j))*v(j)
    g1(j) = theta(j)*u2(j)+shear
10  continue
  return
end

subroutine a(all,al2,m)
  integer s
  common/test/u1(700),u2(700),v(700),b(700),s
  double precision all(700),al2(700)
  do 10 j = m,s+1
    all(j) = 2*v(j)
    al2(j) = u2(j)-v(j)**2
10  continue
  return
end

subroutine afg(all,al2,f1,g1,x,afg1,afg2,m)
  double precision all(700),al2(700),f1(700),g1(700),afg1(700),

```

```

1  afg2(700)
   integer s
   common/ test/ u1(700),u2(700),v(700),b(700),s
   do 10 j = m,s
     afg1(j) = f1(j+1)-f1(j)+0.5*x*(g1(j+1)+g1(j))
     fger = afg1(j)
     afg2(j) = u1(j+1)-u1(j)
     afg1(j) = (all(j+1)+all(j))*afg1(j)+(al2(j+1)+al2(j))*afg2(j)
     afg1(j) = 0.5*afg1(j)
     afg2(j) = fger
10  continue
   return
end

subroutine frictnr(s1,x,br,delta,m)
  integer s
  common/ test/ u1(700),u2(700),v(700),b(700),s
  common/ c3/ theta(700)
  double precision s1(700)
  do 10 j = m,s
    if(u2(j).le.delta)then
      dshear = 0
    else
      dshear = (0.25*(-2)*v(j)*u1(j+1)-u1(j-1))/x
      dshear = dshear-theta(j)*u2(j)-b(j)*abs(v(j))*v(j)
      dshear = dshear+0.5*(v(j)**2-u2(j))*(u2(j+1)-u2(j-1))/x
      dshear = dshear*2*br*abs(v(j))/u2(j)
    endif
    s1(j) = -0.5*theta(j)*(u1(j+1)-u1(j-1))+x*dshear
10  continue
  return
end

subroutine frictu(s1,x,delta,m)
  integer s
  common/ test/ u1(700),u2(700),v(700),b(700),s
  common/ c3/ theta(700)
  double precision s1(700)
  do 10 j = m,s
    if(u2(j).le.delta)then
      dshear = 0
    else
      dshear = (0.25*(-2)*v(j)*u1(j+1)-u1(j-1))/x
      dshear = dshear-theta(j)*u2(j)-b(j)*abs(v(j))*v(j)
      dshear = dshear+0.5*(v(j)**2-u2(j))*(u2(j+1)-u2(j-1))/x
      dshear = dshear*2*b(j)*abs(v(j))/u2(j)
    endif

```

```

    sl(j) = -0.5*theta(j)*(u1(j+1)-u1(j-1))+x*dshear
10  continue
    return
end

subroutine runup(u1sn2,u2sn2,tx,delta,x,thetas,vsn,u2sn,snew)
  integer s,snew
  common/ test/ u1(700),u2(700),v(700),b(700),s
  m = s-1
  k = s+1
  vsn2 = u1sn2/u2sn2
  vmax = abs(v(s))
  if(vmax.lt.delta.and.v(s).ge.0) vmax = delta
  if(vmax.lt.delta.and.v(s).lt.0) vmax = -delta
  if(vmax.ge.delta.and.v(s).lt.0) vmax = -vmax
  vgood = v(m)-((vsn2-vsn)/tx+u2(k)-u2(m)+2*x*thetas)/vmax
  if(abs(vgood).le.delta) go to 11
  u1good = u1(m)-(u2sn2-u2sn)/tx
  u2good = u1good/vgood
  if(u2good.le.u2(s)) then
    u2(k) = u2good
    u1(k) = u1good
    v(k) = vgood
  endif
  if(u2(k).gt.delta) snew = s+1
11  continue
  return
end

```


LAMPIRAN B

HASIL PERHITUNGAN

Tabel B.1 elevasi gelombang pada struktur beton dengan kemiringan $\cot \theta = 5$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	-0.18421	-0.52788	-0.08286	0.83748	0.42864	-0.18435
0.01546	-2.4	-0.16411	-0.50769	-0.10899	0.60714	0.4166	-0.16422
0.03091	-2.3	-0.13362	-0.48301	-0.13908	0.58168	0.38377	-0.13369
0.04637	-2.2	-0.1027	-0.4556	-0.1744	0.52599	0.36973	-0.10278
0.06183	-2.1	-0.07081	-0.42447	-0.21677	0.47073	0.3375	-0.07089
0.07728	-2	-0.03799	-0.38826	-0.26925	0.45543	0.31202	-0.03803
0.09274	-1.9	-0.00512	-0.34895	-0.33767	0.34829	0.278	-0.00514
0.1082	-1.8	0.02827	-0.30466	-0.43808	0.34706	0.24642	0.02825
0.12365	-1.7	0.06274	-0.25754	-0.49823	0.23485	0.2119	0.06275
0.13911	-1.6	0.09697	-0.20686	-0.5095	-0.05276	0.17121	0.09699
0.15457	-1.5	0.1324	-0.15457	-0.49448	-1.02959	0.13701	0.13243
0.17003	-1.4	0.16773	-0.10029	-0.46083	-1.09118	0.09563	0.16777
0.18548	-1.3	0.20411	-0.0448	-0.41484	-0.99848	0.05592	0.20417
0.20094	-1.2	0.24062	0.01198	-0.36069	-0.92171	0.02005	0.24068
0.2164	-1.1	0.27804	0.07008	-0.3009	-0.84184	-0.01958	0.27817
0.23185	-1	0.31375	0.12904	-0.23709	-0.76281	-0.05432	0.31375
0.24731	-0.9	0.35477	0.1889	-0.17036	-0.68329	-0.0821	0.35499
0.26277	-0.8	0.39365	0.24959	-0.10139	-0.60354	-0.10899	0.3938
0.27822	-0.7	0.43057	0.31102	-0.03064	-0.52366	-0.12147	0.4307
0.29368	-0.6	0.4697	0.37305	0.04181	-0.44367	-0.14573	0.46988
0.30914	-0.5	0.51155	0.43561	0.11626	-0.36355	-0.1547	0.51162
0.32459	-0.4	0.55498	0.49884	0.19222	-0.2833	-0.13352	0.55502
0.34005	-0.3	0.59729	0.56212	0.28708	-0.20281	-0.18845	0.5975
0.35551	-0.2	0.63971	0.62601	0.33934	-0.12176	-0.12182	0.64011
0.37096	-0.1	0.68248	0.69026	0.41131	-0.03996	-0.09414	0.68292
0.38642	0	0.72371	0.75484	0.48385	0.04298		0.72414
0.40188	0.1	0.76673	0.81975	0.55528	0.12824		0.76721
0.41734	0.2	0.81153	0.88499	0.62611	0.2165		0.8119
0.43279	0.3	0.85443	0.95048	0.6972	0.3088		0.85476
0.44825	0.4	0.9017	1.01614	0.76836	0.40456		0.90204
0.46371	0.5	0.94835	1.08208	0.83961			0.94855
0.47918	0.6	0.99815	1.14847	0.91099			0.99841
0.49462	0.7	1.04689	1.21508	0.9824			1.04704
0.51008	0.8	1.09801	1.28152	1.05403			1.09821
0.52553	0.9	1.15411	1.3485	1.1259			1.15422
0.54099	1	1.2079	1.41732	1.19728			1.20799
0.55645	1.1	1.26486	1.48783	1.26911			1.26497
0.5719	1.2	1.33241	1.5549	1.34061			1.33251
0.58736	1.3	1.39521	1.61818	1.41171			1.39528
0.60282	1.4	1.43061	1.67864	1.48179			1.43101
0.61828	1.5		1.73095	1.55249			
0.63374	1.6		1.78646	1.62271			
0.6492	1.7		1.8411				
0.66466	1.8		1.89639				
0.68012	1.9		1.9531				
0.69558	2		2.01046				

Tabel B.2 elevasi runup dan gelombang pada struktur beton dengan kemiringan cot $\theta = 5$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	0
0.375	0
0.5	-0.05
0.625	-0.5
0.75	0.025
0.875	0.875
1	1.45
1.125	1.85
1.25	1.975
1.375	1.725
1.5	1.075
1.625	0.175
1.75	-0.675
1.875	0.8
2	1.475
2.125	1.925
2.25	2.05
2.375	1.8
2.5	1.175
2.625	0.275
2.75	-0.7
2.875	0.75
3	1.45
3.125	1.925
3.25	2.025
3.375	1.775
3.5	1.15
3.625	0.275
3.75	-0.7
3.875	0.75
4	1.45
4.125	1.925
4.25	2.025
4.375	1.775
4.5	1.175
4.625	0.275
4.75	-0.7
4.875	0.75
5	1.45

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33965	-0.01168	-0.35133
0.25	-0.4914	-0.04239	-0.53379
0.375	-0.30229	-0.0791	-0.3814
0.5	0.0481	-0.10572	-0.05762
0.625	0.37699	-0.11588	0.26113
0.75	0.49932	-0.17182	0.3275
0.875	0.34209	-0.18176	0.16033
1	-0.00139	-0.12781	-0.1292
1.125	-0.33965	-0.03389	-0.37355
1.25	-0.4914	0.08845	-0.40296
1.375	-0.30229	0.2201	-0.08219
1.5	0.0481	0.33974	0.38784
1.625	0.37699	0.26563	0.64262
1.75	0.49932	0.03572	0.53504
1.875	0.34209	-0.18794	0.17415
2	-0.00139	-0.20277	-0.20418
2.125	-0.33965	-0.13074	-0.47039
2.25	-0.4914	-0.00979	-0.5012
2.375	-0.30229	0.13564	-0.16666
2.5	0.0481	0.27547	0.32358
2.625	0.37699	0.29798	0.67497
2.75	0.49932	0.08021	0.55953
2.875	0.34209	-0.14491	0.19718
3	-0.00139	-0.19401	-0.1954
3.125	-0.33965	-0.13077	-0.47042
3.25	-0.4914	-0.0138	-0.5052
3.375	-0.30229	0.12887	-0.17343
3.5	0.0481	0.26689	0.315
3.625	0.37699	0.29107	0.66806
3.75	0.49932	0.06794	0.56728
3.875	0.34209	-0.1432	0.19889
4	-0.00139	-0.19282	-0.19421
4.125	-0.33965	-0.12985	-0.46951
4.25	-0.4914	-0.0129	-0.50431
4.375	-0.30229	0.1295	-0.1728
4.5	0.0481	0.2676	0.3157
4.625	0.37699	0.29075	0.66775
4.75	0.49932	0.08699	0.58631
4.875	0.34209	-0.14359	0.1985
5	-0.00139	-0.19296	-0.19435

Tabel B.3 elevasi gelombang pada struktur beton dengan kemiringan cot $\theta = 4$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	-0.00212	-0.13283	0.14573	0.07458	0.10797	-0.00212
0.01237	-2.4	0.03643	-0.12156	0.108	-0.0146	0.12601	0.03642
0.02473	-2.3	0.07436	-0.10842	0.06534	-0.08087	0.14335	0.07435
0.0371	-2.2	0.11391	-0.0943	0.0162	-0.12396	0.14714	0.1139
0.04946	-2.1	0.15401	-0.07882	-0.04218	-0.21921	0.16265	0.15399
0.06183	-2	0.19431	-0.06033	-0.1153	-0.29073	0.1825	0.19429
0.07419	-1.9	0.23591	-0.03857	-0.21861	-0.34722	0.18933	0.23589
0.08656	-1.8	0.27767	-0.01513	-0.41862	-0.44293	0.21414	0.27765
0.09892	-1.7	0.31985	0.0102	-0.68562	-0.49917	0.2226	0.31982
0.11129	-1.6	0.36286	0.03964	-0.77159	-0.58521	0.23702	0.36283
0.12365	-1.5	0.40626	0.07298	-0.77221	-0.63603	0.26029	0.40624
0.13602	-1.4	0.44988	0.10828	-0.74508	-0.69107	0.28202	0.44986
0.14839	-1.3	0.494	0.14598	-0.70478	-0.73938	0.30104	0.49399
0.16075	-1.2	0.53857	0.18655	-0.65635	-0.75507	0.31718	0.53855
0.17312	-1.1	0.58331	0.22883	-0.60395	-0.78725	0.3431	0.58329
0.18548	-1	0.62833	0.27298	-0.54758	-0.82684	0.38045	0.62831
0.19785	-0.9	0.67377	0.31885	-0.48867	-0.80468	0.38089	0.67376
0.21021	-0.8	0.71945	0.36604	-0.42783	-0.77376	0.40225	0.71945
0.22258	-0.7	0.7652	0.41457	-0.36543		0.42451	0.76521
0.23494	-0.6	0.81116	0.4642	-0.3018		0.44776	0.81118
0.24731	-0.5	0.85746	0.51478	-0.23717		0.47205	0.85749
0.25968	-0.4	0.90401	0.56828	-0.1716		0.49743	0.90403
0.27204	-0.3	0.95056	0.6184	-0.10542		0.52399	0.95057
0.28441	-0.2	0.99707	0.67125	-0.0384		0.55173	0.99707
0.29677	-0.1	1.04429	0.72458	0.02933		0.58065	1.04431
0.30914	0	1.0934	0.77831	0.09802		0.61091	1.09345
0.3215	0.1	1.14078	0.83251	0.16813		0.64263	1.1408
0.33387	0.2	1.18366	0.88677	0.24049		0.67596	1.18371
0.34623	0.3	1.22703	0.94118	0.31829		0.71051	1.22704
0.3586	0.4	1.26275	0.99582	0.40482		0.74611	1.2628
0.37096	0.5	1.29862	1.0503			0.78642	1.29862
0.38333	0.6	1.33374	1.10476			0.82288	1.33375
0.3957	0.7	1.36898	1.15948			0.85138	1.36898
0.40806	0.8	1.40443	1.21424			0.8481	1.4044
0.42043	0.9	1.44008	1.2689				1.44006
0.43279	1	1.47601	1.32382				1.47598
0.44516	1.1	1.51218	1.37909				1.51215
0.45752	1.2	1.54853	1.4345				1.54852
0.46989	1.3	1.58486	1.48987				1.58486
0.48225	1.4	1.62088	1.5452				1.6209
0.49462	1.5	1.65587	1.6007				1.65588
0.50698	1.6	1.68808	1.6562				1.68808
0.51935	1.7	1.71881	1.71176				1.71881

Tabel B.4 elevasi runup dan gelombang pada struktur beton dengan kemiringan cot $\theta = 4$

waktu normal	runup
0.5	-0.5
0.625	-0.375
0.75	0.45
0.875	1.175
1	1.675
1.125	1.825
1.25	1.5
1.375	0.65
1.5	-0.65
1.625	-0.375
1.75	0.575
1.875	1.275
2	1.725
2.125	1.875
2.25	1.525
2.375	0.85
2.5	-0.625
2.625	-0.4
2.75	0.6
2.875	1.275
3	1.725
3.125	1.875
3.25	1.525
3.375	0.65
3.5	-0.625
3.625	-0.4
3.75	0.6
3.875	1.275
4	1.725
4.125	1.875
4.25	1.525
4.375	0.85
4.5	-0.625
4.625	-0.375
4.75	0.6
4.875	1.275
5	1.725

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0.5	0.0481	-0.15402	-0.10582
0.625	0.37699	-0.25778	0.11921
0.75	0.49932	-0.2887	0.21062
0.875	0.34209	-0.15176	0.19033
1	-0.00139	0.03396	0.03257
1.125	-0.33965	0.22199	-0.11767
1.25	-0.4914	0.34458	-0.14682
1.375	-0.30229	0.37281	0.07051
1.5	0.0481	0.22619	0.27429
1.625	0.37699	-0.33461	0.04238
1.75	0.49932	-0.41467	0.08465
1.875	0.34209	-0.22666	0.11543
2	-0.00139	0.00081	-0.00058
2.125	-0.33965	0.21543	-0.12423
2.25	-0.4914	0.37402	-0.11739
2.375	-0.30229	0.39331	0.09102
2.5	0.0481	0.22744	0.27555
2.625	0.37699	-0.35469	0.0223
2.75	0.49932	-0.41444	0.08487
2.875	0.34209	-0.23377	0.10832
3	-0.00139	-0.00062	-0.00201
3.125	-0.33965	0.21418	-0.12548
3.25	-0.4914	0.37641	-0.11499
3.375	-0.30229	0.39415	0.09185
3.5	0.0481	0.22741	0.27551
3.625	0.37699	-0.35592	0.02107
3.75	0.49932	-0.4148	0.08452
3.875	0.34209	-0.23406	0.10803
4	-0.00139	-0.00073	-0.00212
4.125	-0.33965	0.21402	-0.12563
4.25	-0.4914	0.37638	-0.11503
4.375	-0.30229	0.39418	0.09189
4.5	0.0481	0.2274	0.2755
4.625	0.37699	-0.35597	0.02102
4.75	0.49932	-0.41481	0.08451
4.875	0.34209	-0.23407	0.10802
5	-0.00139	-0.00073	-0.00212

Tabel B.5 elevasi gelombang pada struktur beton dengan kemiringan cot $\theta = 3$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.30938	-0.05843	-0.38489	-0.17715	0.48638	0.28338
0.00928	-2.4	0.33217	-0.06468	-0.45526	-0.18031	0.50338	0.31564
0.01857	-2.3	0.35534	-0.06959	-0.52726	-0.18045	0.5202	0.3387
0.02785	-2.2	0.37894	-0.07389	-0.61723	-0.17924	0.53674	0.36255
0.03713	-2.1	0.40307	-0.0774	-0.72558	-0.18127	0.55321	0.38701
0.04642	-2	0.42779	-0.07985	-0.84093	-0.17827	0.56946	0.41202
0.0557	-1.9	0.45292	-0.08089	-0.95225	-0.17912	0.58583	0.43773
0.06498	-1.8	0.47796	-0.08028	-1.05588	-0.17554	0.60183	0.46418
0.07427	-1.7	0.50254	-0.07768	-1.15096	-0.1744	0.61748	0.49118
0.08355	-1.6	0.52738	-0.07284	-1.24246	-0.17247	0.63321	0.51878
0.09283	-1.5	0.55386	-0.06559	-1.29414	-0.16904	0.64874	0.54703
0.10212	-1.4	0.58232	-0.0557	-1.32705	-0.16572	0.66405	0.57589
0.1114	-1.3	0.61036	-0.04323		-0.16269	0.67912	0.6053
0.12068	-1.2	0.63786	-0.02806		-0.15996	0.69388	0.63528
0.12997	-1.1	0.66744	-0.01048		-0.15691	0.70826	0.66578
0.13925	-1	0.69802	0.00873		-0.15438	0.72234	0.69681
0.14853	-0.9	0.72753	0.03243		-0.1523	0.73584	0.72828
0.15782	-0.8	0.75897	0.05752		-0.15168	0.74904	0.76022
0.1671	-0.7	0.79069	0.08489		-0.15295	0.76165	0.79256
0.17638	-0.6	0.82226	0.11438		-0.15527	0.77366	0.82528
0.18567	-0.5	0.85544	0.14586		-0.15681	0.78503	0.85832
0.19495	-0.4	0.8878	0.17909		-0.15447	0.79581	0.89188
0.20423	-0.3	0.92185	0.21395		-0.14307	0.806	0.92527
0.21352	-0.2	0.95511	0.25028		-0.12145	0.81591	0.95908
0.2228	-0.1	0.98945	0.28795			0.82496	0.99303
0.23208	0	1.02383	0.32678			0.83219	1.027
0.24137	0.1	1.05838	0.36665			0.84026	1.06093
0.25065	0.2	1.09363	0.40727			0.84911	1.09482
0.25994	0.3	1.12853	0.44871			0.85936	1.12875
0.26922	0.4	1.16322	0.49133			0.87123	1.16278
0.2785	0.5	1.19762	0.53754			0.88497	1.19699
0.28779	0.6	1.23198				0.90067	1.23147
0.29707	0.7	1.2684				0.91838	1.26828
0.30635	0.8	1.30114				0.9374	1.30139
0.31564	0.9	1.33631				0.95547	1.33688
0.32492	1	1.37186					1.37267
0.3342	1.1	1.40801					1.4087
0.34349	1.2	1.44446					1.44478
0.35277	1.3	1.4811					1.48072
0.36205	1.4	1.51777					1.51647
0.37134	1.5	1.55367					1.5521

Tabel B.6 elevasi runup dan gelombang pada struktur beton dengan kemiringan $\cot \theta = 3$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	0
0.375	-0.5
0.5	-0.75
0.625	0
0.75	0.725
0.875	1.35
1	1.6
1.125	1.2
1.25	0.05
1.375	-1.55
1.5	-0.625
1.625	0
1.75	0.65
1.875	1.35
2	1.6
2.125	1.175
2.25	0.05
2.375	-1.525
2.5	-0.625
2.625	0
2.75	0.875
2.875	1.35
3	1.6
3.125	1.175
3.25	0.05
3.375	-1.625
3.5	-0.6
3.625	0.075
3.75	0.65
3.875	1.35
4	1.6
4.125	1.175
4.25	0.025
4.375	-1.525
4.5	-0.625
4.625	0
4.75	0.875
4.875	1.35
5	1.6

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33965	-0.0202	-0.35985
0.25	-0.4914	-0.07852	-0.56993
0.375	-0.30229	-0.16681	-0.46911
0.5	0.0481	-0.37109	-0.32299
0.625	0.37699	-0.43282	-0.05583
0.75	0.49932	-0.12982	0.3695
0.875	0.34209	0.13635	0.47844
1	-0.00139	0.31521	0.31382
1.125	-0.33965	0.40214	0.06249
1.25	-0.4914	0.3721	-0.1193
1.375	-0.30229	0.01266	-0.28964
1.5	0.0481	-0.66269	-0.61459
1.625	0.37699	-0.43991	-0.06292
1.75	0.49932	-0.09532	0.404
1.875	0.34209	0.14973	0.49182
2	-0.00139	0.29814	0.29675
2.125	-0.33965	0.39358	0.05393
2.25	-0.4914	0.37342	-0.11798
2.375	-0.30229	0.01341	-0.28888
2.5	0.0481	-0.66311	-0.61501
2.625	0.37699	-0.43767	-0.06067
2.75	0.49932	-0.09401	0.40531
2.875	0.34209	0.14984	0.49193
3	-0.00139	0.2956	0.29421
3.125	-0.33965	0.3946	0.05494
3.25	-0.4914	0.37357	-0.11784
3.375	-0.30229	0.01373	-0.28856
3.5	0.0481	-0.61899	-0.57089
3.625	0.37699	-0.45865	-0.08165
3.75	0.49932	-0.11835	0.38297
3.875	0.34209	0.14819	0.49028
4	-0.00139	0.31075	0.30936
4.125	-0.33965	0.3929	0.05325
4.25	-0.4914	0.37283	-0.11857
4.375	-0.30229	0.01211	-0.29018
4.5	0.0481	-0.6614	-0.6133
4.625	0.37699	-0.43436	-0.05737
4.75	0.49932	-0.09498	0.40434
4.875	0.34209	0.14967	0.49176
5	-0.00139	0.29478	0.29339

Tabel B.7 elevasi gelombang pada struktur beton dengan kemiringan $\cot \theta = 2$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.44844	-0.41808	-0.77871	0.07858	0.70288	0.44844
0.00618	-2.4	0.45932	-0.43069	-0.7917	0.07874	0.71484	0.45932
0.01237	-2.3	0.46939	-0.44295	-0.80388	0.07869	0.72702	0.46939
0.01855	-2.2	0.47965	-0.45586	-0.81625	0.07886	0.73925	0.47965
0.02473	-2.1	0.49013	-0.46949	-0.82885	0.07878	0.75154	0.49013
0.03091	-2	0.50082	-0.48389	-0.84174	0.07819	0.76386	0.50082
0.0371	-1.9	0.51173	-0.49911	-0.85498	0.07796	0.77625	0.51173
0.04328	-1.8	0.52285	-0.51522	-0.86865	0.07801	0.78868	0.52285
0.04946	-1.7	0.5342	-0.53229	-0.88288	0.07752	0.80116	0.5342
0.05564	-1.6	0.54578	-0.55041	-0.89781	0.07756	0.81369	0.54578
0.06183	-1.5	0.55759	-0.56965	-0.91365	0.07772	0.82626	0.55759
0.06801	-1.4	0.56963	-0.59014	-0.93073	0.07759	0.83889	0.56963
0.07419	-1.3	0.58191	-0.61197	-0.94955	0.07813	0.85156	0.58191
0.08038	-1.2	0.59443	-0.63529	-0.97153	0.07811	0.86428	0.59443
0.08656	-1.1	0.6072	-0.66026	-0.99774	0.07879	0.87704	0.6072
0.09274	-1	0.62021	-0.68704		0.07902	0.88988	0.62021
0.09892	-0.9	0.63348	-0.71586		0.07935	0.90273	0.63348
0.10511	-0.8	0.64699	-0.74692		0.07992	0.91561	0.64699
0.11129	-0.7	0.66075			0.08026	0.92854	0.66075
0.11747	-0.6	0.67478			0.08049	0.94149	0.67478
0.12365	-0.5	0.68905			0.08064	0.9545	0.68905
0.12984	-0.4	0.70358			0.08087	0.96755	0.70358
0.13602	-0.3	0.71837			0.0811	0.98086	0.71837
0.1422	-0.2	0.7334			0.08141	0.99381	0.7334
0.14839	-0.1	0.7487			0.08172	1.00702	0.7487
0.15457	0	0.76424			0.08187	1.02025	0.76425
0.16075	0.1	0.78004				1.03356	0.78005
0.16693	0.2	0.79609				1.04691	0.79609
0.17312	0.3	0.81239				1.0603	0.81239
0.1793	0.4	0.82894				1.07378	0.82894
0.18548	0.5	0.84577				1.08728	0.84577
0.19166	0.6	0.86289				1.10087	0.86289
0.19785	0.7	0.88032				1.11452	0.88032
0.20403	0.8	0.89814				1.12824	0.89814
0.21021	0.9	0.91664				1.14194	0.91664
0.21639	1					1.15568	
0.22257	1.1					1.1694	

Tabel B.8 elevasi runup dan gelombang pada struktur beton dengan kemiringan cot $\theta = 2$

waktu normal	runup
0.5	-0.525
0.625	0.25
0.75	1
0.875	1.3
1	0.925
1.125	-0.125
1.25	-0.95
1.375	-1.05
1.5	-0.55
1.625	0.25
1.75	1
1.875	1.3
2	0.925
2.125	-0.125
2.25	-0.95
2.375	-1.05
2.5	-0.55
2.625	0.25
2.75	1
2.875	1.3
3	0.925
3.125	-0.125
3.25	-0.95
3.375	-1.05
3.5	-0.55
3.625	0.25
3.75	1
3.875	1.3
4	0.925
4.125	-0.125
4.25	-0.95
4.375	-1.05
4.5	-0.55
4.625	0.25
4.75	1
4.875	1.3
5	0.925

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0.5	0.0481	-0.47424	-0.42614
0.625	0.37699	-0.15931	0.21769
0.75	0.49932	0.11438	0.6137
0.875	0.34209	0.36075	0.70284
1	-0.00139	0.45183	0.45044
1.125	-0.33965	0.30888	-0.03277
1.25	-0.4914	-0.19283	-0.68403
1.375	-0.30229	-0.53455	-0.83685
1.5	0.0481	-0.45893	-0.41083
1.625	0.37699	-0.1816	0.19539
1.75	0.49932	0.12837	0.62769
1.875	0.34209	0.3607	0.70279
2	-0.00139	0.45083	0.44944
2.125	-0.33965	0.30481	-0.03484
2.25	-0.4914	-0.1911	-0.68251
2.375	-0.30229	-0.53473	-0.83702
2.5	0.0481	-0.45878	-0.41088
2.625	0.37699	-0.18169	0.1953
2.75	0.49932	0.12835	0.62767
2.875	0.34209	0.36071	0.7028
3	-0.00139	0.45083	0.44944
3.125	-0.33965	0.30481	-0.03484
3.25	-0.4914	-0.19111	-0.68251
3.375	-0.30229	-0.53473	-0.83702
3.5	0.0481	-0.45878	-0.41068
3.625	0.37699	-0.18169	0.1953
3.75	0.49932	0.12835	0.62766
3.875	0.34209	0.36071	0.7028
4	-0.00139	0.45083	0.44944
4.125	-0.33965	0.30481	-0.03484
4.25	-0.4914	-0.19111	-0.68251
4.375	-0.30229	-0.53473	-0.83702
4.5	0.0481	-0.45878	-0.41088
4.625	0.37699	-0.18169	0.1953
4.75	0.49932	0.12835	0.62767
4.875	0.34209	0.36071	0.7028
5	-0.00139	0.45083	0.44944

Tabel B.9 elevasi gelombang pada struktur beton dengan kemiringan $\cot \theta = 1.5$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.38908	-0.65874	-0.80728	0.20837	0.82504	0.38908
0.00463	-2.4	0.39236	-0.66138	-0.81588	0.20789	0.83289	0.39236
0.00927	-2.3	0.39565	-0.66603	-0.82454	0.20973	0.84075	0.39565
0.0139	-2.2	0.39895	-0.67064	-0.83321	0.21147	0.84865	0.39895
0.01854	-2.1	0.40228	-0.6752	-0.84188	0.21292	0.85657	0.40228
0.02317	-2	0.40562	-0.67972	-0.85051	0.21463	0.86451	0.40562
0.02781	-1.9	0.40898	-0.68419	-0.85908	0.21653	0.87249	0.40898
0.03244	-1.8	0.41236	-0.68861	-0.86753	0.21807	0.88049	0.41236
0.03708	-1.7	0.41577	-0.69298	-0.87575	0.21978	0.88853	0.41577
0.04171	-1.6	0.41919	-0.6973	-0.88356	0.22172	0.89661	0.41919
0.04635	-1.5	0.42264	-0.70155	-0.89069	0.22328	0.90471	0.42264
0.05098	-1.4	0.42611	-0.70575	-0.89689	0.22516	0.91285	0.42611
0.05562	-1.3	0.42961	-0.70989	-0.9017	0.227	0.92103	0.42961
0.06025	-1.2	0.43313	-0.71397	-0.90312	0.22869	0.92925	0.43313
0.06489	-1.1	0.43668	-0.71798	-0.90387	0.23068	0.9375	0.43668
0.06952	-1	0.44025	-0.72192	-0.90328	0.2324	0.94579	0.44025
0.07416	-0.9	0.44386	-0.72578		0.23445	0.95412	0.44386
0.07879	-0.8	0.4475	-0.72956		0.23627	0.96249	0.4475
0.08343	-0.7	0.45116			0.2383	0.97089	0.45116
0.08806	-0.6	0.45486			0.24031	0.97934	0.45486
0.09269	-0.5	0.45859			0.24229	0.98781	0.45859
0.09733	-0.4	0.46235			0.24439	0.99629	0.46235
0.10198	-0.3	0.46614			0.24655	1.00479	0.46614
0.1066	-0.2	0.46996			0.2488	1.01332	0.46996
0.11123	-0.1	0.47381			0.25119	1.02189	0.47381
0.11587	0	0.4777			0.25361	1.03049	0.4777
0.1205	0.1	0.48165			0.25619	1.03912	0.48165
0.12514	0.2	0.48567			0.25882	1.04778	0.48567
0.12977	0.3	0.48978				1.05648	0.48977
0.13441	0.4	0.49402				1.06521	0.49402
0.139043	0.5					1.07397	
0.143678	0.6					1.08275	
0.148313	0.7					1.09159	
0.152948	0.8					1.10045	
0.157583	0.9					1.10934	
0.162218	1					1.11826	
0.166853	1.1					1.12721	

Tabel B.10 elevasi runup dan gelombang pada struktur beton dengan kemiringan cot $\theta = 1.5$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	-1.025
0.375	-0.95
0.5	-0.4
0.625	0.425
0.75	1.025
0.875	1.1
1	0.5
1.125	-0.35
1.25	-0.925
1.375	-0.975
1.5	-0.4
1.625	0.425
1.75	1.05
1.875	1.1
2	0.5
2.125	-0.35
2.25	-0.925
2.375	-0.975
2.5	-0.4
2.625	0.425
2.75	1.05
2.875	1.1
3	0.5
3.125	-0.35
3.25	-0.925
3.375	-0.975
3.5	-0.4
3.625	0.425
3.75	1.05
3.875	1.1
4	0.5
4.125	-0.35
4.25	-0.925
4.375	-0.975
4.5	-0.4
4.625	0.425
4.75	1.05
4.875	1.1
5	0.5

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33965	-0.04517	-0.38482
0.25	-0.4914	-0.24577	-0.73717
0.375	-0.30229	-0.57433	-0.87662
0.5	0.0481	-0.39244	-0.34434
0.625	0.37699	-0.04433	0.33267
0.75	0.49932	0.28838	0.7857
0.875	0.34209	0.43752	0.77961
1	-0.00139	0.39052	0.38914
1.125	-0.33965	0.0731	-0.26656
1.25	-0.4914	-0.35156	-0.84296
1.375	-0.30229	-0.56802	-0.87032
1.5	0.0481	-0.3855	-0.3374
1.625	0.37699	-0.04654	0.33045
1.75	0.49932	0.28622	0.78554
1.875	0.34209	0.43783	0.77992
2	-0.00139	0.39045	0.38906
2.125	-0.33965	0.07304	-0.26661
2.25	-0.4914	-0.3515	-0.8429
2.375	-0.30229	-0.56801	-0.8703
2.5	0.0481	-0.38551	-0.33741
2.625	0.37699	-0.04654	0.33046
2.75	0.49932	0.28622	0.78554
2.875	0.34209	0.43783	0.77992
3	-0.00139	0.39045	0.38906
3.125	-0.33965	0.07304	-0.26661
3.25	-0.4914	-0.3515	-0.8429
3.375	-0.30229	-0.56801	-0.8703
3.5	0.0481	-0.38551	-0.33741
3.625	0.37699	-0.04654	0.33046
3.75	0.49932	0.28622	0.78554
3.875	0.34209	0.43783	0.77992
4	-0.00139	0.39045	0.38906
4.125	-0.33965	0.07304	-0.26661
4.25	-0.4914	-0.3515	-0.8429
4.375	-0.30229	-0.56801	-0.8703
4.5	0.0481	-0.38551	-0.33741
4.625	0.37699	-0.04654	0.33046
4.75	0.49932	0.28622	0.78554
4.875	0.34209	0.43783	0.77992
5	-0.00139	0.39045	0.38906

Tabel B.11 elevasi gelombang pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 5$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	-0.12848	-0.46217	-0.05853	0.55388	0.39998	-0.12858
0.01546	-2.4	-0.0966	-0.44393	-0.08549	0.5166	0.39127	-0.09668
0.03091	-2.3	-0.06405	-0.42162	-0.11867	0.47319	0.37785	-0.06413
0.04637	-2.2	-0.03089	-0.39512	-0.15749	0.44183	0.36599	-0.03096
0.06183	-2.1	0.00268	-0.36444	-0.20333	0.3805	0.3503	0.00262
0.07728	-2	0.03669	-0.32972	-0.25751	0.34515	0.33477	0.03664
0.09274	-1.9	0.0711	-0.29124	-0.32643	0.27232	0.31864	0.07105
0.1082	-1.8	0.1058	-0.24933	-0.42951	0.22293	0.29864	0.10577
0.12365	-1.7	0.14082	-0.20436	-0.49046	0.17221	0.2778	0.14079
0.13911	-1.6	0.17612	-0.1567	-0.50179	0.00383	0.25832	0.1761
0.15457	-1.5	0.21165	-0.10672	-0.4884	0.1631	0.23498	0.21163
0.17003	-1.4	0.24743	-0.05473	-0.4577	-1.07779	0.21082	0.2474
0.18548	-1.3	0.28344	-0.00103	-0.4141	-0.99889	0.18749	0.28341
0.20094	-1.2	0.31968	0.05412	-0.36305	-0.92117	0.16291	0.31963
0.2164	-1.1	0.35613	0.11049	-0.30809	-0.84192	0.13743	0.35608
0.23185	-1	0.39279	0.18789	-0.24541	-0.78238	0.11391	0.39273
0.24731	-0.9	0.4297	0.22813	-0.1814	-0.68239	0.08949	0.42964
0.26277	-0.8	0.46681	0.28508	-0.11509	-0.60188	0.06782	0.46677
0.27822	-0.7	0.5041	0.34461	-0.04635	-0.52086	0.04883	0.50406
0.29368	-0.6	0.54164	0.4046	0.02392	-0.43935	0.03188	0.54163
0.30914	-0.5	0.57945	0.46494	0.09455	-0.35726	0.00866	0.57947
0.32459	-0.4	0.61734	0.52554	0.16428	-0.2745	-0.05498	0.61738
0.34005	-0.3	0.6555	0.58657	0.23358	-0.19102	-0.23849	0.65558
0.35551	-0.2	0.69396	0.64695	0.30315	-0.10671	-0.18966	0.69402
0.37096	-0.1	0.73231	0.70691	0.37297	-0.02141	-0.09088	0.73236
0.38642	0	0.77096	0.77327	0.44312	0.06506	0.00802	0.77098
0.40188	0.1	0.8098	0.83114	0.51358	0.15286	0.10702	0.80976
0.41734	0.2	0.84804	0.88962	0.58438	0.24209	0.2061	0.84796
0.43279	0.3	0.88796	0.94858	0.65551	0.33288	0.30527	0.8877
0.44825	0.4	0.92757	1.00759	0.72687	0.42527	0.40451	0.92765
0.46371	0.5	0.96072	1.0669	0.79844	0.51918	0.50383	0.96158
0.47918	0.6	1.0054	1.12659	0.87013	0.61442		1.00489
0.49462	0.7	1.03527	1.18696	0.9418	0.71077		1.03484
0.51008	0.8	1.06194	1.24852	1.01342	0.80801		1.06106
0.52553	0.9	1.09324	1.31259	1.08489	0.90592		1.09309
0.54099	1	1.13243	1.37413	1.15619	1.00434		1.13366
0.55645	1.1	1.1574	1.43108	1.22755			1.15769
0.57191	1.2		1.48495	1.29904			
0.58737	1.3		1.53856	1.37109			
0.60283	1.4		1.59217	1.44468			
0.61829	1.5		1.64654	1.52101			
0.63375	1.6		1.7009	1.60435			
0.64921	1.7		1.75158				

Tabel B.12 elevasi runup dan gelombang pada struktur batu dengan kemiringan cot $\theta = 5$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	0
0.375	0
0.5	-0.025
0.625	-0.325
0.75	-0.125
0.875	0.675
1	1.275
1.125	1.7
1.25	1.85
1.375	1.675
1.5	1.325
1.625	1
1.75	0.7
1.875	0.375
2	1.175
2.125	1.65
2.25	1.85
2.375	1.7
2.5	1.35
2.625	1.025
2.75	0.725
2.875	0.4
3	1.175
3.125	1.65
3.25	1.825
3.375	1.675
3.5	1.35
3.625	1.025
3.75	0.725
3.875	0.4
4	1.175
4.125	1.65
4.25	1.825
4.375	1.675
4.5	1.35
4.625	1.025
4.75	0.725
4.875	0.4
5	1.175

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33965	-0.01179	-0.35144
0.25	-0.4914	-0.04318	-0.53458
0.375	-0.30229	-0.08112	-0.38341
0.5	0.0481	-0.10992	-0.06182
0.625	0.37699	-0.12519	0.2518
0.75	0.49932	-0.17518	0.32418
0.875	0.34209	-0.17452	0.16757
1	-0.00139	-0.11124	-0.11263
1.125	-0.33965	-0.01031	-0.34996
1.25	-0.4914	0.11129	-0.38011
1.375	-0.30229	0.23521	-0.06708
1.5	0.0481	0.28545	0.33355
1.625	0.37699	0.20079	0.57778
1.75	0.49932	-0.01301	0.48631
1.875	0.34209	-0.13495	0.20714
2	-0.00139	-0.134	-0.13539
2.125	-0.33965	-0.06215	-0.4018
2.25	-0.4914	0.04586	-0.44554
2.375	-0.30229	0.16331	-0.13898
2.5	0.0481	0.24358	0.29168
2.625	0.37699	0.19645	0.57345
2.75	0.49932	-0.00432	0.495
2.875	0.34209	-0.12362	0.21847
3	-0.00139	-0.12699	-0.12838
3.125	-0.33965	-0.05892	-0.39857
3.25	-0.4914	0.04629	-0.44511
3.375	-0.30229	0.16201	-0.14029
3.5	0.0481	0.24164	0.28974
3.625	0.37699	0.19604	0.57304
3.75	0.49932	-0.00468	0.49464
3.875	0.34209	-0.12404	0.21805
4	-0.00139	-0.12709	-0.12848
4.125	-0.33965	-0.05877	-0.39842
4.25	-0.4914	0.04657	-0.44483
4.375	-0.30229	0.16239	-0.13991
4.5	0.0481	0.2422	0.2903
4.625	0.37699	0.19606	0.57305
4.75	0.49932	-0.00483	0.49448
4.875	0.34209	-0.12409	0.218
5	-0.00139	-0.12717	-0.12856

Tabel B.13 elevasi gelombang pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 4$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.02778	-0.17282	0.09027	0.10408	0.18371	0.02777
0.01237	-2.4	0.06394	-0.16422	0.06155	0.03374	0.19378	0.06393
0.02473	-2.3	0.10186	-0.15333	0.01932	-0.01064	0.20321	0.10185
0.0371	-2.2	0.13949	-0.13935	-0.02876	-0.05694	0.21812	0.13948
0.04946	-2.1	0.17856	-0.12246	-0.08497	-0.12992	0.22972	0.17855
0.06183	-2	0.21749	-0.10211	-0.1536	-0.17317	0.2403	0.21749
0.07419	-1.9	0.25734	-0.07809	-0.24458	-0.24075	0.25876	0.25734
0.08656	-1.8	0.29748	-0.05027	-0.39498	-0.29493	0.26636	0.29747
0.09892	-1.7	0.33786	-0.01932	-0.63143	-0.3595	0.28407	0.33785
0.11129	-1.6	0.37879	0.01378	-0.73497	-0.41409	0.29534	0.37879
0.12365	-1.5	0.41886	0.04864	-0.7504	-0.47947	0.31089	0.41885
0.13602	-1.4	0.46114	0.08528	-0.72957	-0.52884	0.32827	0.46114
0.14839	-1.3	0.50267	0.12381	-0.69244	-0.58503	0.34337	0.50267
0.16075	-1.2	0.54431	0.16444	-0.64622	-0.62495	0.35904	0.54431
0.17312	-1.1	0.58617	0.20711	-0.59423	-0.6665	0.37614	0.58617
0.18548	-1	0.62792	0.25143	-0.53828	-0.68188	0.39225	0.62792
0.19785	-0.9	0.66882	0.29725	-0.4794	-0.68829	0.41034	0.66882
0.21021	-0.8	0.71293	0.34458	-0.41833	-0.78777	0.42774	0.71293
0.22258	-0.7	0.75655	0.39311	-0.35546	-0.68909	0.44614	0.75655
0.23494	-0.6	0.79447	0.44279	-0.29113	-0.59027	0.46482	0.79447
0.24731	-0.5	0.83426	0.49356	-0.22548	-0.49134	0.48379	0.83426
0.25968	-0.4	0.87421	0.54508	-0.15869	-0.3923	0.5031	0.87421
0.27204	-0.3	0.91344	0.59745	-0.09074	-0.29317	0.52268	0.91344
0.28441	-0.2	0.9533	0.65031	-0.02161	-0.19397	0.54173	0.9533
0.29677	-0.1	0.99395	0.70366	0.04889	-0.09469	0.56309	0.99395
0.30914	0	1.03478	0.75741	0.12091	0.00465	0.58042	1.03478
0.3215	0.1	1.07598	0.81133	0.19498	0.10405	0.60432	1.07598
0.33387	0.2	1.11805	0.86535	0.27151	0.20349	0.61585	1.11805
0.34623	0.3	1.16222	0.91945	0.35129		0.6267	1.16222
0.3586	0.4	1.20621	0.97352	0.43493		0.64218	1.20621
0.37096	0.5	1.24722	1.02783	0.52276		0.66267	1.24722
0.38333	0.6	1.28418	1.08242	0.61452		0.691	1.28418
0.3957	0.7	1.31975	1.13714	0.70932			1.31975
0.40806	0.8	1.35493	1.1921	0.80614			1.35493
0.42043	0.9	1.38989	1.24745	0.90412			1.38989
0.43279	1	1.42509	1.30309				1.42509
0.44516	1.1	1.4606	1.35876				1.4606
0.45752	1.2	1.49587	1.41465				1.49587
0.46989	1.3	1.53032	1.47074				1.53032
0.48225	1.4	1.5614	1.52681				1.5614
0.49462	1.5	1.58946	1.58312				1.58946
0.50698	1.6	1.61495	1.64068				1.61495

Tabel B.14 elevasi runup dan gelombang pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 4$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	0
0.375	0
0.5	-0.35
0.625	-0.55
0.75	0.35
0.875	1.075
1	1.575
1.125	1.775
1.25	1.525
1.375	1.025
1.5	0.575
1.625	0.125
1.75	0.4
1.875	1.125
2	1.625
2.125	1.8
2.25	1.55
2.375	1.05
2.5	0.6
2.625	0.15
2.75	0.4
2.875	1.125
3	1.625
3.125	1.8
3.25	1.55
3.375	1.05
3.5	0.6
3.625	0.15
3.75	0.4
3.875	1.125
4	1.625
4.125	1.8
4.25	1.55
4.375	1.05
4.5	0.6
4.625	0.15
4.75	0.4
4.875	1.125
5	1.625

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33965	-0.01491	-0.35456
0.25	-0.4914	-0.05586	-0.54726
0.375	-0.30229	-0.10937	-0.41167
0.5	0.0481	-0.16155	-0.11345
0.625	0.37699	-0.2623	0.11469
0.75	0.49932	-0.27583	0.22348
0.875	0.34209	-0.13319	0.2089
1	-0.00139	0.05352	0.05213
1.125	-0.33965	0.22633	-0.11332
1.25	-0.4914	0.32816	-0.16324
1.375	-0.30229	0.33998	0.03769
1.5	0.0481	0.17057	0.21867
1.625	0.37699	-0.28414	0.09285
1.75	0.49932	-0.33742	0.1619
1.875	0.34209	-0.17552	0.16657
2	-0.00139	0.03034	0.02895
2.125	-0.33965	0.21533	-0.12433
2.25	-0.4914	0.33861	-0.15279
2.375	-0.30229	0.3527	0.05041
2.5	0.0481	0.17621	0.22431
2.625	0.37699	-0.28928	0.08771
2.75	0.49932	-0.33932	0.15999
2.875	0.34209	-0.17589	0.1662
3	-0.00139	0.02921	0.02782
3.125	-0.33965	0.21474	-0.12491
3.25	-0.4914	0.33762	-0.15379
3.375	-0.30229	0.35297	0.05068
3.5	0.0481	0.17644	0.22454
3.625	0.37699	-0.28943	0.08757
3.75	0.49932	-0.33938	0.15994
3.875	0.34209	-0.17592	0.16618
4	-0.00139	0.02917	0.02778
4.125	-0.33965	0.21471	-0.12494
4.25	-0.4914	0.33804	-0.15336
4.375	-0.30229	0.35313	0.05084
4.5	0.0481	0.17648	0.22458
4.625	0.37699	-0.28944	0.08756
4.75	0.49932	-0.33937	0.15994
4.875	0.34209	-0.17591	0.16618
5	-0.00139	0.02916	0.02777

Tabel B.15 elevasi gelombang pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 3$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.29989	-0.06822	-0.38248	-0.16741	0.47154	0.29989
0.00928	-2.4	0.32259	-0.07297	-0.44288	-0.16271	0.48975	0.32259
0.01857	-2.3	0.34594	-0.0773	-0.49852	-0.16228	0.50705	0.34594
0.02785	-2.2	0.36983	-0.08106	-0.56097	-0.17382	0.52487	0.36983
0.03713	-2.1	0.39428	-0.08408	-0.63378	-0.16865	0.54264	0.39428
0.04642	-2	0.41928	-0.08607	-0.7243	-0.16824	0.56074	0.41928
0.0557	-1.9	0.44484	-0.08676	-0.8376	-0.17392	0.57842	0.44484
0.06498	-1.8	0.47103	-0.08587	-0.95448	-0.1687	0.59659	0.47103
0.07427	-1.7	0.49786	-0.08311	-1.0363	-0.17097	0.61414	0.49786
0.08355	-1.6	0.52522	-0.07812	-1.17465	-0.17486	0.63199	0.52522
0.09283	-1.5	0.5531	-0.07066	-1.29253	-0.168	0.64893	0.5531
0.10212	-1.4	0.58161	-0.06054	-1.38763	-0.16726	0.66538	0.58161
0.1114	-1.3	0.61065	-0.04764	-1.28939	-0.16841	0.68154	0.61065
0.12068	-1.2	0.64013	-0.03194	-1.19197	-0.16805	0.69593	0.64013
0.12997	-1.1	0.67016	-0.01352	-1.0928	-0.16721	0.70844	0.67016
0.13925	-1	0.70074	0.00755	-0.99386	-0.16815	0.72114	0.70074
0.14853	-0.9	0.73158	0.03112	-0.89443	-0.17289	0.73408	0.73158
0.15782	-0.8	0.76287	0.05707	-0.79508	-0.1762	0.74621	0.76287
0.1671	-0.7	0.79451	0.0853	-0.69565	-0.17796	0.75878	0.79451
0.17638	-0.6	0.82654	0.11561	-0.59618	-0.17698	0.7713	0.82654
0.18567	-0.5	0.85888	0.14781	-0.49866	-0.17143	0.78341	0.85888
0.19495	-0.4	0.89154	0.18172		-0.15946	0.79555	0.89155
0.20423	-0.3	0.92438	0.21722		-0.144	0.80756	0.92438
0.21352	-0.2	0.95728	0.25416		-0.1428	0.81906	0.95728
0.2228	-0.1	0.99018	0.2925			0.8302	0.99018
0.23208	0	1.02317	0.33207			0.84075	1.02317
0.24137	0.1	1.05641	0.3732			0.84988	1.05641
0.25065	0.2	1.08989	0.41632			0.85834	1.08989
0.25994	0.3	1.12355	0.46173			0.86721	1.12355
0.26922	0.4	1.15763	0.51021			0.87699	1.15763
0.2785	0.5	1.19188	0.56359			0.88803	1.19188
0.28779	0.6	1.22645	0.6266			0.90058	1.22645
0.29707	0.7	1.26131	0.70875			0.91331	1.26131
0.30635	0.8	1.29615				0.92658	1.29615
0.31564	0.9	1.33106				0.92949	1.33106
0.32492	1	1.36593					1.36593
0.3342	1.1	1.40093					1.40093
0.34349	1.2	1.43585					1.43585
0.35277	1.3	1.4709					1.4709
0.36205	1.4	1.50648					1.50648
0.37134	1.5	1.54326					1.54326

Tabel B.16 elevasi runup dan gelombang pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 3$

waktu normal	runup (m)
0	0
0.125	0
0.25	0
0.375	-0.375
0.5	-0.85
0.625	-0.025
0.75	0.7
0.875	1.325
1	1.575
1.125	1.225
1.25	0.425
1.375	-0.325
1.5	-0.7
1.625	-0.025
1.75	0.65
1.875	1.325
2	1.575
2.125	1.225
2.25	0.425
2.375	-0.35
2.5	-0.7
2.625	-0.025
2.75	0.65
2.875	1.325
3	1.575
3.125	1.225
3.25	0.425
3.375	-0.35
3.5	-0.7
3.625	-0.025
3.75	0.65
3.875	1.325
4	1.575
4.125	1.225
4.25	0.425
4.375	-0.35
4.5	-0.7
4.625	-0.025
4.75	0.65
4.875	1.325
5	1.575

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33965	-0.02031	-0.35996
0.25	-0.4914	-0.07945	-0.57085
0.375	-0.30229	-0.17094	-0.47324
0.5	0.0481	-0.36095	-0.31285
0.625	0.37699	-0.4115	-0.03451
0.75	0.49932	-0.13771	0.36161
0.875	0.34209	0.13906	0.48115
1	-0.00139	0.3141	0.31271
1.125	-0.33965	0.39904	0.05939
1.25	-0.4914	0.35849	-0.13291
1.375	-0.30229	-0.01139	-0.31369
1.5	0.0481	-0.60308	-0.55498
1.625	0.37699	-0.4243	-0.0473
1.75	0.49932	-0.10122	0.3981
1.875	0.34209	0.15058	0.49268
2	-0.00139	0.30078	0.29939
2.125	-0.33965	0.39311	0.05345
2.25	-0.4914	0.35846	-0.13294
2.375	-0.30229	-0.01027	-0.31256
2.5	0.0481	-0.60199	-0.55388
2.625	0.37699	-0.42435	-0.04736
2.75	0.49932	-0.10141	0.39791
2.875	0.34209	0.15061	0.4927
3	-0.00139	0.30108	0.29969
3.125	-0.33965	0.39296	0.05331
3.25	-0.4914	0.35845	-0.13296
3.375	-0.30229	-0.01031	-0.31261
3.5	0.0481	-0.60201	-0.55391
3.625	0.37699	-0.42429	-0.04729
3.75	0.49932	-0.1014	0.39792
3.875	0.34209	0.1506	0.49269
4	-0.00139	0.30108	0.29969
4.125	-0.33965	0.39296	0.05331
4.25	-0.4914	0.35844	-0.13296
4.375	-0.30229	-0.01031	-0.31261
4.5	0.0481	-0.60201	-0.55391
4.625	0.37699	-0.42429	-0.04729
4.75	0.49932	-0.1014	0.39792
4.875	0.34209	0.1506	0.4927
5	-0.00139	0.30108	0.29969

Tabel B.17 elevasi gelombang pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 2$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.44858	-0.41884	-0.77882	0.08078	0.70262	-0.21332
0.00618	-2.4	0.45853	-0.42981	-0.79203	0.08082	0.71473	-0.18632
0.01237	-2.3	0.46868	-0.44156	-0.80431	0.08073	0.72683	-0.15702
0.01855	-2.2	0.47902	-0.4539	-0.81677	0.08075	0.73898	-0.12522
0.02473	-2.1	0.48958	-0.46688	-0.82943	0.08036	0.75123	-0.09312
0.03091	-2	0.50037	-0.48054	-0.84236	0.07958	0.76348	-0.06442
0.0371	-1.9	0.51137	-0.49494	-0.85562	0.07924	0.77578	-0.03558
0.04328	-1.8	0.52259	-0.51013	-0.86928	0.07902	0.78811	0.00194
0.04946	-1.7	0.53403	-0.52619	-0.88345	0.07829	0.80048	0.03814
0.05564	-1.6	0.5457	-0.54318	-0.89826	0.07827	0.81291	0.06858
0.06183	-1.5	0.55761	-0.5612	-0.91389	0.0781	0.82541	0.10713
0.06801	-1.4	0.56976	-0.58033	-0.93061	0.07781	0.83798	0.13998
0.07419	-1.3	0.58215	-0.6007	-0.9488	0.07819	0.85055	0.17853
0.08038	-1.2	0.59478	-0.62243	-0.96989	0.07793	0.86321	0.21388
0.08656	-1.1	0.60764	-0.64588	-0.9946	0.07843	0.87589	0.25004
0.09274	-1	0.62077	-0.6708		0.07834	0.88862	0.28835
0.09892	-0.9	0.63416	-0.69732		0.07822	0.90137	0.32768
0.10511	-0.8	0.64779	-0.72546		0.07857	0.91418	0.36862
0.11129	-0.7	0.66167			0.07859	0.92701	0.40697
0.11747	-0.6	0.67582			0.07829	0.93987	0.44837
0.12365	-0.5	0.69022			0.07789	0.95279	0.49035
0.12984	-0.4	0.70487			0.07739	0.96571	0.53097
0.13602	-0.3	0.71978			0.07683	0.97868	0.57341
0.1422	-0.2	0.73494			0.0763	0.99173	0.61936
0.14839	-0.1	0.75035			0.07533	1.0048	0.66313
0.15457	0	0.76602			0.07274	1.01789	0.70611
0.16075	0.1	0.78194				1.03107	0.75551
0.16693	0.2	0.7981				1.0443	0.80269
0.17312	0.3	0.81453				1.05753	0.84772
0.1793	0.4	0.83125				1.07082	0.90091
0.18548	0.5	0.84829				1.08413	0.94819
0.19168	0.6	0.86572				1.09748	1.00113
0.19785	0.7	0.88368				1.11087	1.05555
0.20403	0.8	0.90249				1.12432	1.10575
0.21021	0.9	0.92406				1.13762	1.16191
0.216395	1					1.15097	1.22069
0.222578	1.1					1.16385	1.27935
0.228761	1.2						1.33547
0.234944	1.3						1.40782
0.241127	1.4						1.46793
0.24731	1.5						1.54626
0.253493	1.6						1.61683
0.259676	1.7						1.71108
0.265859	1.8						1.80928
0.272042	1.9						1.90769
0.278225	2						2.00578
0.284408	2.1						2.10353
0.290591	2.2						
0.296774	2.3						

Tabel B.18 elevasi runup dan gelombang pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 2$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	-0.4
0.375	-1.075
0.5	-0.55
0.625	0.225
0.75	0.975
0.875	1.3
1	0.95
1.125	-0.075
1.25	-0.95
1.375	-1.05
1.5	-0.55
1.625	0.25
1.75	0.975
1.875	1.3
2	0.95
2.125	-0.075
2.25	-0.95
2.375	-1.05
2.5	-0.55
2.625	0.25
2.75	0.975
2.875	1.3
3	0.95
3.125	-0.075
3.25	-0.95
3.375	-1.05
3.5	-0.55
3.625	0.25
3.75	0.975
3.875	1.3
4	0.95
4.125	-0.075
4.25	-0.95
4.375	-1.05
4.5	-0.55
4.625	0.25
4.75	0.975
4.875	1.3
5	0.95

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33911	-0.03195	-0.37107
0.25	-0.4914	-0.14122	-0.63262
0.375	-0.30229	-0.51935	-0.82164
0.5	0.0481	-0.47348	-0.42538
0.625	0.37699	-0.1599	0.2171
0.75	0.49938	0.11708	0.61644
0.875	0.34265	0.35955	0.70219
1	-0.00064	0.45006	0.44942
1.125	-0.33911	0.30431	-0.0348
1.25	-0.4914	-0.18458	-0.67598
1.375	-0.30229	-0.53367	-0.83597
1.5	0.0481	-0.45833	-0.41023
1.625	0.37699	-0.1798	0.1972
1.75	0.49938	0.12871	0.62807
1.875	0.34265	0.35978	0.7024
2	-0.00064	0.44821	0.44857
2.125	-0.33911	0.30256	-0.03655
2.25	-0.4914	-0.18325	-0.67465
2.375	-0.30229	-0.5338	-0.83609
2.5	0.0481	-0.45825	-0.41015
2.625	0.37699	-0.17983	0.19716
2.75	0.49938	0.12888	0.62804
2.875	0.34265	0.35977	0.70241
3	-0.00064	0.44822	0.44858
3.125	-0.33911	0.30257	-0.03654
3.25	-0.4914	-0.18325	-0.67465
3.375	-0.30229	-0.5338	-0.83609
3.5	0.0481	-0.45825	-0.41015
3.625	0.37699	-0.17983	0.19716
3.75	0.49938	0.12888	0.62804
3.875	0.34265	0.35977	0.70241
4	-0.00064	0.44822	0.44858
4.125	-0.33911	0.30257	-0.03654
4.25	-0.4914	-0.18325	-0.67465
4.375	-0.30229	-0.5338	-0.83609
4.5	0.0481	-0.45825	-0.41015
4.625	0.37699	-0.17983	0.19716
4.75	0.49938	0.12888	0.62804
4.875	0.34265	0.35977	0.70241
5	-0.00064	0.44822	0.44858

Tabel B.19 elevasi gelombang pada struktur batu dengan kemiringan $\cot \theta = 1.5$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.38984	-0.65457	-0.80868	0.20897	0.82488	0.38984
0.00463	-2.4	0.39322	-0.6592	-0.81531	0.20802	0.83262	0.39322
0.00927	-2.3	0.39657	-0.66382	-0.82399	0.21016	0.84048	0.39657
0.0139	-2.2	0.39992	-0.6684	-0.83269	0.21227	0.84839	0.39992
0.01854	-2.1	0.40326	-0.67294	-0.84138	0.21315	0.85623	0.40326
0.02317	-2	0.40659	-0.67745	-0.85005	0.21466	0.86417	0.40659
0.02781	-1.9	0.40994	-0.6819	-0.85868	0.21718	0.87217	0.40994
0.03244	-1.8	0.41331	-0.68631	-0.86714	0.21827	0.88009	0.41331
0.03708	-1.7	0.41672	-0.69066	-0.87541	0.21956	0.88814	0.41672
0.04171	-1.6	0.42018	-0.69496	-0.88327	0.22225	0.89624	0.42018
0.04635	-1.5	0.42366	-0.69921	-0.89047	0.22311	0.90427	0.42366
0.05098	-1.4	0.42716	-0.70339	-0.89673	0.22497	0.91245	0.42716
0.05562	-1.3	0.4307	-0.7075	-0.90167	0.22719	0.92064	0.4307
0.06025	-1.2	0.43428	-0.71154	-0.9033	0.22799	0.92877	0.43428
0.06489	-1.1	0.43789	-0.7155	-0.9044	0.23088	0.93707	0.43789
0.06952	-1	0.44153	-0.71938	-0.90389	0.23147	0.9453	0.44153
0.07416	-0.9	0.44522	-0.72308		0.23445	0.95358	0.44522
0.07879	-0.8	0.44893	-0.72653		0.23511	0.962	0.44893
0.08343	-0.7	0.45269			0.23776	0.97029	0.45269
0.08806	-0.6	0.45648			0.2396	0.97877	0.45648
0.09269	-0.5	0.46033			0.2406	0.9872	0.46033
0.09733	-0.4	0.46421			0.24271	0.99564	0.46421
0.10196	-0.3	0.46815			0.24491	1.00421	0.46815
0.1066	-0.2	0.47215			0.24642	1.01266	0.47215
0.11123	-0.1	0.47621			0.24954	1.02134	0.47621
0.11587	0	0.48035			0.25109	1.02985	0.48035
0.1205	0.1	0.4846			0.25286	1.03859	0.4846
0.12514	0.2	0.48901			0.25407	1.04713	0.48901
0.12977	0.3	0.49365				1.05595	0.49365
0.13441	0.4	0.49875				1.06454	0.49874
0.13904	0.5	0.50577				1.07344	0.50577
0.14367	0.6					1.08213	
0.1483	0.7					1.091	
0.15293	0.8					1.09995	
0.15756	0.9					1.10878	
0.16219	1					1.11761	
0.16682	1.1					1.12682	

Tabel B.20 elevasi runup dan gelombang pada struktur batu dengan kemiringan cot $\theta = 5$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	-1
0.375	-0.95
0.5	-0.4
0.625	0.425
0.75	1.025
0.875	1.1
1	0.525
1.125	-0.325
1.25	-0.925
1.375	-0.975
1.5	-0.4
1.625	0.425
1.75	1.025
1.875	1.1
2	0.525
2.125	-0.325
2.25	-0.925
2.375	-0.975
2.5	-0.4
2.625	0.425
2.75	1.025
2.875	1.1
3	0.525
3.125	-0.325
3.25	-0.925
3.375	-0.975
3.5	-0.4
3.625	0.425
3.75	1.025
3.875	1.1
4	0.525
4.125	-0.325
4.25	-0.925
4.375	-0.975
4.5	-0.4
4.625	0.425
4.75	1.025
4.875	1.1
5	0.525

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33911	-0.04511	-0.38422
0.25	-0.4914	-0.24998	-0.74138
0.375	-0.30229	-0.57421	-0.8765
0.5	0.0481	-0.39034	-0.34224
0.625	0.37699	-0.04402	0.33297
0.75	0.49938	0.26609	0.76545
0.875	0.34265	0.43711	0.77975
1	-0.00064	0.39051	0.38987
1.125	-0.33911	0.07403	-0.26508
1.25	-0.4914	-0.35004	-0.84144
1.375	-0.30229	-0.56738	-0.86968
1.5	0.0481	-0.38505	-0.33695
1.625	0.37699	-0.04587	0.33113
1.75	0.49938	0.26591	0.76527
1.875	0.34265	0.43741	0.78005
2	-0.00064	0.39048	0.38984
2.125	-0.33911	0.07396	-0.26515
2.25	-0.4914	-0.34998	-0.84138
2.375	-0.30229	-0.56738	-0.86967
2.5	0.0481	-0.38506	-0.33695
2.625	0.37699	-0.04586	0.33113
2.75	0.49938	0.26591	0.76526
2.875	0.34265	0.43741	0.78005
3	-0.00064	0.39048	0.38984
3.125	-0.33911	0.07396	-0.26515
3.25	-0.4914	-0.34998	-0.84138
3.375	-0.30229	-0.56738	-0.86967
3.5	0.0481	-0.38506	-0.33695
3.625	0.37699	-0.04586	0.33113
3.75	0.49938	0.26591	0.76526
3.875	0.34265	0.43741	0.78005
4	-0.00064	0.39048	0.38984
4.125	-0.33911	0.07396	-0.26515
4.25	-0.4914	-0.34998	-0.84138
4.375	-0.30229	-0.56738	-0.86967
4.5	0.0481	-0.38506	-0.33695
4.625	0.37699	-0.04586	0.33113
4.75	0.49938	0.26591	0.76526
4.875	0.34265	0.43741	0.78005
5	-0.00064	0.39048	0.38984

Tabel B.21 elevasi gelombang dengan koef. gesek = 0.3 dan kemiringan $\cot \theta = 5$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	-0.21313	-0.5485	-0.08885	0.65341	0.41572	-0.21332
0.01546	-2.4	-0.18632	-0.52714	-0.11462	0.62253	0.43308	-0.18632
0.03091	-2.3	-0.15735	-0.50524	-0.1437	0.60867	0.3834	-0.15702
0.04637	-2.2	-0.12547	-0.47401	-0.17788	0.5739	0.3626	-0.12522
0.06183	-2.1	-0.09251	-0.44402	-0.21904	0.50728	0.34779	-0.09312
0.07728	-2	-0.06218	-0.40478	-0.27087	0.50139	0.29058	-0.06442
0.09274	-1.9	-0.03239	-0.38612	-0.33838	0.42769	0.2803	-0.03558
0.1082	-1.8	0.00083	-0.32096	-0.43744	0.31155	0.22858	0.00194
0.12365	-1.7	0.03124	-0.27391	-0.48846	0.42641	0.19294	0.03814
0.13911	-1.6	0.07006	-0.2247	-0.50974	0.10864	0.14518	0.06858
0.15457	-1.5	0.10295	-0.17084	-0.48448	-1.17809	0.10372	0.10713
0.17003	-1.4	0.14266	-0.11711	-0.46048	-1.0512	0.05388	0.13998
0.18548	-1.3	0.17366	-0.06134	-0.41442	-0.99075	0.00341	0.17853
0.20094	-1.2	0.21527	-0.00296	-0.35997	-0.91895	-0.04662	0.21386
0.2164	-1.1	0.25551	0.05623	-0.29984	-0.83609	-0.08757	0.25004
0.23185	-1	0.2944	0.11808	-0.2358	-0.75987	-0.12303	0.28835
0.24731	-0.9	0.33219	0.17899	-0.18855	-0.6819	-0.15298	0.32768
0.26277	-0.8	0.36417	0.23897	-0.09958	-0.60318	-0.17163	0.36862
0.27822	-0.7	0.40758	0.30171	-0.02899	-0.52409	-0.18619	0.40697
0.29368	-0.6	0.44999	0.36505	0.04296	-0.44478	-0.2048	0.44837
0.30914	-0.5	0.4919	0.42895	0.11598	-0.36553	-0.18012	0.49035
0.32459	-0.4	0.53242	0.49343	0.18978	-0.28602	-0.18379	0.53097
0.34005	-0.3	0.5749	0.5584	0.26407	-0.20571	-0.13282	0.57341
0.35551	-0.2	0.62077	0.62358	0.33881	-0.12559	-0.11834	0.61936
0.37096	-0.1	0.66433	0.68889	0.41393	-0.04519	-0.04664	0.66313
0.38642	0	0.70729	0.75481	0.48938	0.03871	0.0383	0.70611
0.40188	0.1	0.75659	0.82082	0.56493	0.11676	0.1167	0.75551
0.41734	0.2	0.80372	0.8871	0.64053			0.80269
0.43279	0.3	0.84849	0.95331	0.71612			0.84772
0.44825	0.4	0.90156	1.01977	0.79168			0.90091
0.46371	0.5	0.94873	1.08689	0.86686			0.94819
0.47918	0.6	1.00112	1.15405	0.94115			1.00113
0.49462	0.7	1.05572	1.22022	1.01457			1.05555
0.51008	0.8	1.10568	1.28688	1.08656			1.10575
0.52553	0.9	1.16128	1.35548	1.15462			1.16191
0.54099	1	1.21972	1.42174	1.22009			1.22069
0.55645	1.1	1.27896	1.4873	1.2872			1.27935
0.5719	1.2	1.33439	1.55749	1.35095			1.33547
0.58736	1.3	1.40631	1.62058	1.42125			1.40782
0.60282	1.4	1.46755	1.69097	1.48533			1.46793
0.61827	1.5	1.54483	1.75357	1.55583			1.54626
0.63373	1.6	1.61652	1.82282	1.62609			1.61683
0.64919	1.7	1.71104	1.88638				1.71108
0.66464	1.8	1.80916	1.94724				1.80928
0.6801	1.9	1.90739	2.00486				1.90769
0.69556	2	2.00521	2.03191				2.00578
0.711015	2.1						2.10353

Tabel B.22 elevasi runup dan gelombang dengan koef. gesek = 0.3 dan kemiringan cot $\theta = 5$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	0
0.375	0
0.5	-0.05
0.625	-0.55
0.75	0.05
0.875	1.15
1	1.6
1.125	1.875
1.25	2.025
1.375	1.675
1.5	0.875
1.625	-0.25
1.75	-0.5
1.875	0.825
2	1.875
2.125	2.275
2.25	2.25
2.375	2
2.5	1.6
2.625	-0.075
2.75	-0.55
2.875	1.125
3	2.15
3.125	2.5
3.25	2.025
3.375	1.775
3.5	1.125
3.625	-0.1
3.75	-0.575
3.875	1.075
4	2.1
4.125	2.425
4.25	2.025
4.375	1.8
4.5	1.125
4.625	-0.1
4.75	-0.55
4.875	1.1
5	2.125

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	
0.125	-0.33929	-0.01163	-0.35092
0.25	-0.4914	-0.04221	-0.53361
0.375	-0.30229	-0.07871	-0.38101
0.5	0.0481	-0.10494	-0.05684
0.625	0.37699	-0.114	0.26299
0.75	0.49935	-0.17055	0.32879
0.875	0.34246	-0.18236	0.1601
1	-0.00089	-0.13013	-0.13102
1.125	-0.33929	-0.03407	-0.37336
1.25	-0.4914	0.08371	-0.40769
1.375	-0.30229	0.2171	-0.08519
1.5	0.0481	0.34121	0.38931
1.625	0.37699	0.2996	0.67659
1.75	0.49935	-0.00375	0.4956
1.875	0.34246	-0.2179	0.12458
2	-0.00089	-0.23518	-0.23605
2.125	-0.33929	-0.15371	-0.493
2.25	-0.4914	-0.01461	-0.50602
2.375	-0.30229	0.14623	-0.15607
2.5	0.0481	0.27616	0.32426
2.625	0.37699	0.31915	0.69614
2.75	0.49935	0.07715	0.5765
2.875	0.34246	-0.145	0.19746
3	-0.00089	-0.21083	-0.21172
3.125	-0.33929	-0.15334	-0.49263
3.25	-0.4914	-0.03363	-0.52503
3.375	-0.30229	0.11643	-0.18586
3.5	0.0481	0.27187	0.31997
3.625	0.37699	0.32996	0.70696
3.75	0.49935	0.06286	0.56201
3.875	0.34246	-0.15313	0.18933
4	-0.00089	-0.21224	-0.21313
4.125	-0.33929	-0.15316	-0.49245
4.25	-0.4914	-0.02983	-0.52123
4.375	-0.30229	0.11916	-0.18313
4.5	0.0481	0.2728	0.32091
4.625	0.37699	0.32927	0.70626
4.75	0.49935	0.06418	0.56351
4.875	0.34246	-0.15163	0.19083
5	-0.00089	-0.21243	-0.21332

Tabel B.23 elevasi gelombang dengan koef. gesek = 0.3 dan kemiringan cot $\theta = 4$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.12666	-0.22851	-0.13438	0.18889	0.38203	0.12666
0.01237	-2.4	0.15798	-0.21988	-0.16886	0.16007	0.40209	0.15798
0.02473	-2.3	0.18981	-0.20763	-0.20566	0.13188	0.41175	0.18981
0.0371	-2.2	0.2221	-0.19267	-0.2456	0.1023	0.421	0.2221
0.04946	-2.1	0.25482	-0.17491	-0.28901	0.07133	0.42984	0.25482
0.06183	-2	0.28792	-0.1543	-0.33648	0.03883	0.43825	0.28792
0.07419	-1.9	0.32133	-0.13086	-0.3895	0.00511	0.44621	0.32133
0.08656	-1.8	0.35498	-0.10466	-0.4504	-0.03048	0.45367	0.35498
0.09892	-1.7	0.38882	-0.07584	-0.52065	-0.06618	0.46063	0.38882
0.11129	-1.6	0.42277	-0.04455	-0.59047	-0.1088	0.46702	0.42277
0.12365	-1.5	0.45678	-0.011	-0.66865	-0.14051	0.4728	0.45678
0.13602	-1.4	0.49077	0.02463	-0.60195	-0.19419	0.47792	0.49078
0.14839	-1.3	0.52471	0.06215	-0.57728	-0.2354	0.48234	0.52471
0.16075	-1.2	0.55852	0.10138	-0.54024	-0.24199	0.48599	0.55852
0.17312	-1.1	0.59215	0.14216	-0.49499	-0.34093	0.48879	0.59215
0.18548	-1	0.62554	0.18432	-0.44384	-0.58888	0.49089	0.62554
0.18785	-0.9	0.65884	0.22751	-0.38846	-0.74884	0.49142	0.65884
0.21021	-0.8	0.69139	0.27134	-0.33011	-0.66307	0.49103	0.69139
0.22258	-0.7	0.72373	0.31584	-0.26924	-0.57648	0.48955	0.72373
0.23494	-0.6	0.75559	0.3618	-0.20616	-0.4891	0.48568	0.75559
0.24731	-0.5	0.78692	0.40955	-0.14145	-0.40098	0.47995	0.78692
0.25968	-0.4	0.81763	0.4578	-0.07526	-0.31214	0.47428	0.81763
0.27204	-0.3	0.84766	0.50808	-0.00745	-0.2226	0.46401	0.84766
0.28441	-0.2	0.8769	0.55563	0.0617	-0.13236	0.44406	0.8769
0.29677	-0.1	0.90529	0.60484	0.13196	-0.04143	0.42081	0.90529
0.30914	0	0.93266	0.65391	0.20365	0.05019	0.39969	0.93266
0.3215	0.1	0.9589	0.70414	0.27678	0.14249	0.36908	0.9589
0.33387	0.2	0.98394	0.75404	0.35107	0.23549	0.21727	0.98394
0.34623	0.3	1.00716	0.80496	0.42677	0.32917	0.31216	1.00716
0.3586	0.4	1.02905	0.85546	0.50427	0.42354	0.40986	1.02905
0.37096	0.5	1.04805	0.90655	0.58354	0.51857	0.5078	1.04805
0.38333	0.6	1.06575	0.95745	0.66454	0.61424	0.60597	1.06574
0.3857	0.7	1.07422	1.00784	0.74782	0.71051	0.70435	1.07422
0.40806	0.8	1.07925	1.05942	0.8332	0.80733		1.07925
0.42043	0.9	1.07643	1.1101	0.92152	0.90466		1.07643
0.43279	1	1.02743	1.1611	1.01253			1.02743
0.445157	1.1		1.21107	1.10579			
0.457522	1.2		1.26301				
0.469887	1.3		1.31307				

Tabel B.24 elevasi runup dan gelombang dengan koef. gesek = 0.3 dan kemiringan cot $\theta = 4$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	0
0.375	0
0.5	-0.125
0.625	-0.225
0.75	0
0.875	0.575
1	1.025
1.125	1.3
1.25	1.3
1.375	1.2
1.5	1.075
1.625	0.95
1.75	0.825
1.875	0.725
2	1.025
2.125	1.3
2.25	1.3
2.375	1.175
2.5	1.075
2.625	0.95
2.75	0.825
2.875	0.7
3	1.025
3.125	1.3
3.25	1.3
3.375	1.175
3.5	1.075
3.625	0.95
3.75	0.825
3.875	0.725
4	1.025
4.125	1.3
4.25	1.3
4.375	1.175
4.5	1.075
4.625	0.95
4.75	0.825
4.875	0.725
5	1.025

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33811	-0.0164	-0.35551
0.25	-0.4914	-0.06713	-0.55854
0.375	-0.30229	-0.13797	-0.44026
0.5	0.0481	-0.21064	-0.16254
0.625	0.37699	-0.24195	0.13505
0.75	0.49936	-0.16874	0.33062
0.875	0.34265	-0.01908	0.32357
1	-0.00064	0.12536	0.12472
1.125	-0.33811	0.21805	-0.12107
1.25	-0.4914	0.22723	-0.26417
1.375	-0.30229	0.13678	-0.16551
1.5	0.0481	-0.02831	0.01979
1.625	0.37699	-0.14868	0.22831
1.75	0.49936	-0.11986	0.3795
1.875	0.34265	0.00125	0.34389
2	-0.00064	0.12738	0.12674
2.125	-0.33811	0.21671	-0.1224
2.25	-0.4914	0.22603	-0.26537
2.375	-0.30229	0.13542	-0.16688
2.5	0.0481	-0.02943	0.01867
2.625	0.37699	-0.14951	0.22748
2.75	0.49936	-0.12035	0.37901
2.875	0.34265	0.00099	0.34364
3	-0.00064	0.1273	0.12666
3.125	-0.33811	0.21674	-0.12237
3.25	-0.4914	0.22606	-0.26534
3.375	-0.30229	0.13554	-0.16676
3.5	0.0481	-0.02942	0.01868
3.625	0.37699	-0.14949	0.2275
3.75	0.49936	-0.12034	0.37902
3.875	0.34265	0.001	0.34384
4	-0.00064	0.1273	0.12886
4.125	-0.33811	0.21674	-0.12237
4.25	-0.4914	0.22606	-0.26534
4.375	-0.30229	0.13554	-0.16676
4.5	0.0481	-0.02943	0.01868
4.625	0.37699	-0.14949	0.2275
4.75	0.49936	-0.12034	0.37902
4.875	0.34265	0.001	0.34364
5	-0.00064	0.1273	0.12666

Tabel B.25 elevasi gelombang dengan koef. gesek = 0.3 kemiringan cot $\theta = 3$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.29258	-0.18359	-0.38323	-0.00715	0.49538	0.29258
0.00928	-2.4	0.31552	-0.16418	-0.41469	-0.01875	0.5101	0.31552
0.01857	-2.3	0.33893	-0.16391	-0.44754	-0.03044	0.52458	0.33893
0.02785	-2.2	0.36279	-0.16239	-0.482	-0.04199	0.53892	0.36279
0.03713	-2.1	0.38709	-0.15942	-0.51834	-0.05362	0.55308	0.38709
0.04642	-2	0.41182	-0.1552	-0.55691	-0.06528	0.56701	0.41182
0.0557	-1.9	0.43696	-0.14924	-0.59825	-0.07696	0.58078	0.43696
0.06498	-1.8	0.46251	-0.14119	-0.6432	-0.08869	0.59427	0.46251
0.07427	-1.7	0.48848	-0.13133	-0.6933	-0.10062	0.60757	0.48848
0.08355	-1.6	0.51486	-0.11923	-0.75161	-0.11258	0.62055	0.51486
0.09283	-1.5	0.5416	-0.10463	-0.82598	-0.12497	0.63329	0.54161
0.10212	-1.4	0.56848	-0.08779	-0.96634	-0.1375	0.64569	0.56848
0.1114	-1.3	0.59515	-0.06848	-1.016	-0.15054	0.65777	0.59515
0.12068	-1.2	0.62173	-0.04665	-0.97846	-0.16426	0.66946	0.62173
0.12997	-1.1	0.64915	-0.02268	-0.91467	-0.17879	0.68077	0.64915
0.13925	-1	0.6781	0.00381	-0.8415	-0.19313	0.69167	0.6781
0.14853	-0.9	0.70748	0.03263	-0.7632	-0.21176	0.7021	0.70748
0.15782	-0.8	0.73639	0.06337	-0.68149	-0.23127	0.71204	0.73639
0.1671	-0.7	0.76615	0.0964	-0.59724	-0.24401	0.72144	0.76614
0.17638	-0.6	0.79583	0.13149	-0.51097	-0.2684	0.73023	0.79583
0.18567	-0.5	0.82442	0.16839	-0.42303	-0.32394	0.73836	0.82442
0.19495	-0.4	0.85392	0.20737	-0.33367	-0.3805	0.74573	0.85392
0.20423	-0.3	0.88306	0.24817	-0.24309	-0.28283	0.75225	0.88306
0.21352	-0.2	0.91335	0.29086	-0.15143	-0.18498	0.75776	0.91335
0.2228	-0.1	0.94308	0.33558	-0.05881	-0.08696	0.76213	0.94308
0.23208	0	0.97388	0.3821	0.03466	0.01121	0.76504	0.97388
0.24137	0.1	1.00387	0.4308	0.12889	0.10954	0.7664	1.00387
0.25065	0.2	1.03442	0.48181	0.22382	0.20801	0.76508	1.03442
0.25994	0.3	1.06406	0.53505	0.31938	0.30662	0.76091	1.06406
0.26922	0.4	1.09384	0.5911	0.4155	0.40537	0.75194	1.09384
0.2785	0.5	1.12422	0.65039	0.51215	0.50424	0.72709	1.12422
0.28779	0.6	1.15413	0.71325	0.60927		0.68447	1.15413
0.28707	0.7	1.18373	0.7806	0.70682			1.18373
0.30635	0.8	1.21308	0.85341	0.80475			1.21308
0.31564	0.9	1.24193	0.93231				1.24193
0.32492	1	1.27059	1.0174				1.27059
0.3342	1.1	1.29731	1.10788				1.29731
0.34349	1.2	1.32349					1.32349
0.35277	1.3	1.34058					1.34058

Tabel B.26 elevasi runup dan gelombang dengan koef. gesek = 0.3 dan kemiringan cot θ = 5

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	0
0.375	-0.125
0.5	-0.325
0.625	-0.25
0.75	0.4
0.875	1
1	1.35
1.125	1.3
1.25	1.125
1.375	0.925
1.5	0.75
1.625	0.575
1.75	0.4
1.875	1
2	1.35
2.125	1.3
2.25	1.1
2.375	0.925
2.5	0.75
2.625	0.575
2.75	0.4
2.875	1
3	1.35
3.125	1.3
3.25	1.1
3.375	0.925
3.5	0.75
3.625	0.575
3.75	0.4
3.875	1
4	1.35
4.125	1.3
4.25	1.1
4.375	0.925
4.5	0.75
4.625	0.575
4.75	0.4
4.875	1
5	1.35

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33911	-0.02181	-0.36092
0.25	-0.4914	-0.09213	-0.58353
0.375	-0.30229	-0.21071	-0.513
0.5	0.0481	-0.35588	-0.30778
0.625	0.37699	-0.31237	0.06462
0.75	0.49938	-0.07518	0.42418
0.875	0.34285	0.1452	0.48785
1	-0.00064	0.29205	0.29142
1.125	-0.33911	0.34209	0.00298
1.25	-0.4914	0.23231	-0.25909
1.375	-0.30229	-0.07516	-0.37745
1.5	0.0481	-0.33547	-0.28737
1.625	0.37699	-0.29608	0.08092
1.75	0.49938	-0.06561	0.43375
1.875	0.34285	0.1485	0.49115
2	-0.00064	0.29324	0.2926
2.125	-0.33911	0.3411	0.00199
2.25	-0.4914	0.2316	-0.25981
2.375	-0.30229	-0.07555	-0.37785
2.5	0.0481	-0.33564	-0.28754
2.625	0.37699	-0.29618	0.08081
2.75	0.49938	-0.06563	0.43373
2.875	0.34285	0.14851	0.49115
3	-0.00064	0.29323	0.29259
3.125	-0.33911	0.34111	0.002
3.25	-0.4914	0.2316	-0.25981
3.375	-0.30229	-0.07555	-0.37785
3.5	0.0481	-0.33564	-0.28754
3.625	0.37699	-0.29618	0.08081
3.75	0.49938	-0.06563	0.43373
3.875	0.34285	0.14851	0.49115
4	-0.00064	0.29323	0.29259
4.125	-0.33911	0.34111	0.002
4.25	-0.4914	0.2316	-0.25981
4.375	-0.30229	-0.07555	-0.37785
4.5	0.0481	-0.33564	-0.28754
4.625	0.37699	-0.29618	0.08081
4.75	0.49938	-0.06563	0.43373
4.875	0.34285	0.14851	0.49115
5	-0.00064	0.29323	0.29259

Tabel B.27 elevasi gelombang dengan koef. gesek = 0.3 kemiringan $\cot \theta = 4$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.43225	-0.42822	-0.7855	0.09808	0.70003	0.43225
0.00618	-2.4	0.44274	-0.43648	-0.77983	0.09815	0.71157	0.44274
0.01237	-2.3	0.45347	-0.44482	-0.79426	0.09646	0.72314	0.45347
0.01855	-2.2	0.46441	-0.4533	-0.80871	0.09547	0.73481	0.46441
0.02473	-2.1	0.47557	-0.46193	-0.82315	0.09552	0.74667	0.47557
0.03091	-2	0.48696	-0.47069	-0.83755	0.09482	0.75841	0.48696
0.0371	-1.9	0.4986	-0.47959	-0.85186	0.09236	0.76999	0.4986
0.04328	-1.8	0.51049	-0.48861	-0.86615	0.09048	0.78164	0.51049
0.04946	-1.7	0.52264	-0.49772	-0.88061	0.09031	0.79334	0.52264
0.05564	-1.6	0.53505	-0.50689	-0.89573	0.08862	0.80512	0.53505
0.06183	-1.5	0.54773	-0.51607	-0.912	0.08538	0.81695	0.54773
0.06801	-1.4	0.56067	-0.52517	-0.92927	0.08417	0.82884	0.56067
0.07419	-1.3	0.57385	-0.53405	-0.94658	0.08255	0.84078	0.57385
0.08038	-1.2	0.58731	-0.54244	-0.9658	0.07863	0.85265	0.58731
0.08656	-1.1	0.60109	-0.54995	-0.97926	0.0771	0.86455	0.6011
0.09274	-1	0.61518	-0.55587	-0.99232	0.07309	0.87637	0.61518
0.09892	-0.9	0.62947	-0.55898	-0.9921	0.06937	0.88818	0.62947
0.10511	-0.8	0.64401	-0.55698	-0.79337	0.06265	0.90002	0.64401
0.11129	-0.7	0.65887	-0.54522	-0.69352	0.05805	0.9119	0.65887
0.11747	-0.6	0.6741	-0.51464	-0.59431	0.05437	0.92389	0.6741
0.12365	-0.5	0.68964	-0.45556	-0.49502	0.05048	0.9357	0.68964
0.12984	-0.4	0.70547	-0.37322	-0.39569	0.04334	0.9476	0.70547
0.13602	-0.3	0.7216	-0.28107	-0.29832	0.03439	0.95958	0.7216
0.1422	-0.2	0.73806	-0.18556		0.02448	0.97136	0.73806
0.14839	-0.1	0.75486	-0.08868		0.00792	0.98291	0.75486
0.15457	0	0.77198	0.00892			0.99454	0.77198
0.16075	0.1	0.78945	0.10699			1.0061	0.78945
0.16693	0.2	0.80727	0.20538			1.01739	0.80727
0.17312	0.3	0.82549	0.304			1.02878	0.82549
0.1793	0.4	0.84422				1.04017	0.84422
0.18548	0.5	0.86356				1.05107	0.86356
0.19168	0.6	0.88392				1.06181	0.88393
0.19785	0.7	0.90589				1.0723	0.90589
0.20403	0.8	0.93056				1.08196	0.93056
0.21021	0.9	0.96121				1.09017	0.96121
0.2164	1	1.00931				1.09763	1.00931
0.22259	1.1					1.10585	

Tabel B.28 elevasi runup dan gelombang dengan koef. gesek = 0.3 dan kemiringan cot $\theta = 5$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	-0.175
0.375	-0.575
0.5	-0.575
0.625	0.15
0.75	0.9
0.875	1.275
1	1.025
1.125	0.6
1.25	0.225
1.375	-0.15
1.5	-0.55
1.625	0.175
1.75	0.9
1.875	1.275
2	1.025
2.125	0.6
2.25	0.225
2.375	-0.15
2.5	-0.55
2.625	0.175
2.75	0.9
2.875	1.275
3	1.025
3.125	0.6
3.25	0.225
3.375	-0.15
3.5	-0.55
3.625	0.175
3.75	0.9
3.875	1.275
4	1.025
4.125	0.6
4.25	0.225
4.375	-0.15
4.5	-0.55
4.625	0.175
4.75	0.9
4.875	1.275
5	1.025

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33965	-0.03342	-0.37307
0.25	-0.4914	-0.15655	-0.64795
0.375	-0.30229	-0.46506	-0.76735
0.5	0.0481	-0.46427	-0.41616
0.625	0.37699	-0.15847	0.21853
0.75	0.49932	0.1303	0.62962
0.875	0.34209	0.3507	0.69279
1	-0.00139	0.4336	0.43221
1.125	-0.33965	0.27937	-0.06028
1.25	-0.4914	-0.1538	-0.6452
1.375	-0.30229	-0.50229	-0.80458
1.5	0.0481	-0.45399	-0.40589
1.625	0.37699	-0.16187	0.21512
1.75	0.49932	0.13117	0.63049
1.875	0.34209	0.35112	0.69321
2	-0.00139	0.43364	0.43225
2.125	-0.33965	0.27902	-0.06063
2.25	-0.4914	-0.15379	-0.6452
2.375	-0.30229	-0.50227	-0.80456
2.5	0.0481	-0.45401	-0.40591
2.625	0.37699	-0.16186	0.21513
2.75	0.49932	0.13125	0.63057
2.875	0.34209	0.35112	0.69321
3	-0.00139	0.43364	0.43225
3.125	-0.33965	0.27902	-0.06063
3.25	-0.4914	-0.15379	-0.6452
3.375	-0.30229	-0.50227	-0.80456
3.5	0.0481	-0.45401	-0.40591
3.625	0.37699	-0.16186	0.21513
3.75	0.49932	0.13125	0.63057
3.875	0.34209	0.35112	0.69321
4	-0.00139	0.43364	0.43225
4.125	-0.33965	0.27902	-0.06063
4.25	-0.4914	-0.15379	-0.6452
4.375	-0.30229	-0.50227	-0.80456
4.5	0.0481	-0.45401	-0.40591
4.625	0.37699	-0.16186	0.21513
4.75	0.49932	0.13125	0.63057
4.875	0.34209	0.35112	0.69321
5	-0.00139	0.43364	0.43225

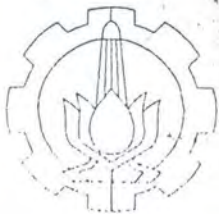
Tabel B.29 elevasi gelombang dengan koef. gesek = 0.3 dan kemiringan $\cot \theta = 1.5$

x	slope	elevasi gelombang					
		t=4	t=4.2	t=4.4	t=4.6	t=4.8	t=5
0	-2.5	0.38815	-0.6468	-0.80363	0.20993	0.82088	0.38815
0.00463	-2.4	0.38963	-0.65114	-0.8123	0.2112	0.82859	0.38963
0.00927	-2.3	0.39314	-0.65546	-0.82106	0.2127	0.83638	0.39314
0.0139	-2.2	0.39668	-0.65975	-0.82986	0.21418	0.84423	0.39668
0.01854	-2.1	0.40025	-0.664	-0.83866	0.21534	0.85206	0.40025
0.02317	-2	0.40384	-0.6682	-0.84746	0.21655	0.85991	0.40385
0.02781	-1.9	0.40748	-0.67236	-0.85622	0.2179	0.86784	0.40747
0.03244	-1.8	0.41114	-0.67647	-0.86489	0.21899	0.87583	0.41114
0.03708	-1.7	0.41483	-0.68051	-0.87337	0.22017	0.88382	0.41483
0.04171	-1.6	0.41858	-0.68447	-0.88152	0.22157	0.89181	0.41858
0.04635	-1.5	0.42234	-0.68835	-0.88911	0.22263	0.89985	0.42234
0.05098	-1.4	0.42618	-0.69211	-0.89588	0.22378	0.90795	0.42618
0.05562	-1.3	0.43008	-0.69572	-0.90152	0.22486	0.91613	0.43008
0.06025	-1.2	0.43403	-0.69913	-0.90583	0.22565	0.92432	0.43403
0.06489	-1.1	0.43804	-0.70227	-0.90796	0.22685	0.93248	0.43804
0.06952	-1	0.44212	-0.70499	-0.90785	0.22783	0.94068	0.44212
0.07416	-0.9	0.4463	-0.70694		0.22896	0.94882	0.4463
0.07879	-0.8	0.45055	-0.70712		0.22978	0.95724	0.45055
0.08343	-0.7	0.45491			0.23065	0.96559	0.45491
0.08806	-0.6	0.45941			0.23131	0.97402	0.45941
0.09269	-0.5	0.46403			0.23168	0.98254	0.46403
0.09733	-0.4	0.46882			0.2321	0.99097	0.46882
0.10196	-0.3	0.47379			0.23237	0.99936	0.47379
0.1066	-0.2	0.47897			0.23233	1.00783	0.47897
0.11123	-0.1	0.48446			0.23184	1.01638	0.48446
0.11587	0	0.49029			0.23007	1.025	0.49029
0.1205	0.1	0.49664			0.22689	1.03362	0.49664
0.12514	0.2	0.50373			0.22476	1.04222	0.50373
0.12977	0.3	0.51197				1.05092	0.51197
0.13441	0.4	0.52257				1.0597	0.52257
0.13904	0.5	0.53963				1.06845	0.53963
0.14368	0.6					1.07728	
0.14831	0.7					1.08614	
0.15295	0.8					1.09527	
0.15758	0.9					1.10411	
0.16222	1					1.11318	
0.16685	1.1					1.12264	

Tabel B.30 elevasi runup dan gelombang dengan koef. gesek = 0.3 dan kemiringan $\cot \theta = 1.5$

waktu normal	runup
0	0
0.125	0
0.25	-1.025
0.375	-0.95
0.5	-0.4
0.625	0.425
0.75	1.025
0.875	1.1
1	0.5
1.125	-0.35
1.25	-0.925
1.375	-0.975
1.5	-0.4
1.625	0.425
1.75	1.05
1.875	1.1
2	0.5
2.125	-0.35
2.25	-0.925
2.375	-0.975
2.5	-0.4
2.625	0.425
2.75	1.05
2.875	1.1
3	0.5
3.125	-0.35
3.25	-0.925
3.375	-0.975
3.5	-0.4
3.625	0.425
3.75	1.05
3.875	1.1
4	0.5
4.125	-0.35
4.25	-0.925
4.375	-0.975
4.5	-0.4
4.625	0.425
4.75	1.05
4.875	1.1
5	0.5

waktu normal	gelombang datang	gelombang refleksi	gelombang total
0	0	0	0
0.125	-0.33929	-0.04502	-0.38431
0.25	-0.4914	-0.24451	-0.73591
0.375	-0.30229	-0.57425	-0.87655
0.5	0.0481	-0.39248	-0.34438
0.625	0.37699	-0.04436	0.33263
0.75	0.49935	0.28842	0.78578
0.875	0.34246	0.4376	0.78006
1	-0.00089	0.39072	0.38983
1.125	-0.33929	0.07368	-0.26561
1.25	-0.4914	-0.35118	-0.84256
1.375	-0.30229	-0.56786	-0.87015
1.5	0.0481	-0.38549	-0.33739
1.625	0.37699	-0.04645	0.33054
1.75	0.49935	0.28822	0.78556
1.875	0.34246	0.43792	0.78038
2	-0.00089	0.39085	0.38978
2.125	-0.33929	0.07362	-0.26567
2.25	-0.4914	-0.35109	-0.8425
2.375	-0.30229	-0.56784	-0.87014
2.5	0.0481	-0.3855	-0.3374
2.625	0.37699	-0.04645	0.33055
2.75	0.49935	0.28822	0.78556
2.875	0.34246	0.43791	0.78038
3	-0.00089	0.39065	0.38978
3.125	-0.33929	0.07362	-0.26567
3.25	-0.4914	-0.35109	-0.8425
3.375	-0.30229	-0.56784	-0.87014
3.5	0.0481	-0.3855	-0.3374
3.625	0.37699	-0.04645	0.33055
3.75	0.49935	0.28822	0.78556
3.875	0.34246	0.43791	0.78038
4	-0.00089	0.39085	0.38978
4.125	-0.33929	0.07362	-0.26567
4.25	-0.4914	-0.35109	-0.8425
4.375	-0.30229	-0.56784	-0.87014
4.5	0.0481	-0.3855	-0.3374
4.625	0.37699	-0.04645	0.33055
4.75	0.49935	0.28822	0.78556
4.875	0.34246	0.43791	0.78038
5	-0.00089	0.39065	0.38976



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5928105, 5994251-5 Psw. 1104-7 Telex 34224 Fax 5947254

TUGAS AKHIR (OE.1701)

No. 066a/PT12.FTK4.H8/Q/98

MATA KULIAH	:	TUGAS AKHIR
NOMOR MATA KULIAH	:	OE.1701
NAMA MAHASISWA	:	Sukma Widyawan
NOMOR POKOK	:	4391100019
TGL.DIBERIKAN TUGAS	:	28 April 1997
TGL.SELESAINYA TUGAS	:	28 Desember 1997
DOSEN PEMBIMBING	:	1. Dr.Ir. W.A.Pratikto,MSc 2. Ir. Suntoyo

THEMA/URAIAN/DATA-DATA YANG DIBERIKAN/JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA GELOMBANG RUNUP PADA REVETMENT DISANGSIT, BALI

DIBUAT RANGKAP 4 :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dekan FTK-ITS
3. Dosen Pembimbing
4. Arsip Jurusan



Surabaya, 28 April 1997

Ketua Jurusan;

Dr.Ir. Eko Budi Djatmiko,MSc
NIP. 131 407 592

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Sukma Widyawan
 NOMOR POKOK : 4391.100.019
 NAMA DOSEN PEMBIMBING : Ir. W.A. Pratikto, MSc,Phd.
 TUGAS DIMULAI : 29 April 1997
 DISELESAIKAN :
 JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Gelombang Runup di Sangsit, Bali.

NO	TANGGAL	KONSULTASI MENGENAI	TANDA TANGAN DOSEN PEMBIMBING
1	5-5-97	Abstraksi	WSP
2	12-5-97	Pendahuluan	WSP
3	9-6-97	Teori gelombang	WSP
4	14-7-97	fungsi eliptik Jacobi	WSP
5	11-8-97	permeabilitas	WSP
6	13-6-98	stabilitas numerik	WSP
7	20-6-98	koefisien gesek	WSP
8	3-7-98	koefisien gesek Manning	WSP
9	4-1-99	Hasil running program	WSP
10	25-1-99	analisa hasil	WSP
11	1-2-99	penulisan skripsi	WSP
12			
13			
14			
15			

Catatan: Lembar presensi ini harus ditunjukkan pada saat ujian Tugas Akhir